

SÉRIE A, n° 615

n° D'ORDRE
1350

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

G. NICOLAS

PRÉPARATEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES SCIENCES D'ALGER

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION DES ORGANES VÉGÉTATIFS DES PLANTES VASCULAIRES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 16 Novembre 1909 devant la Commission d'examen.

MM. G. BONNIER *Président.*

HAUG }
PRUVOT } *Examineurs.*

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

—
1909



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547907_0047

SÉRIE A, N° 615

N° D'ORDRE

1350

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

G. NICOLAS

PRÉPARATEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES SCIENCES D'ALGER

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION DES ORGANES VÉGÉTATIFS DES PLANTES VASCULAIRES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 11 Novembre 1909 devant la Commission d'examen.

MM. G. BONNIER *Président.*

HAUG } *Examineurs.*
PRUVOT..... }



PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1909

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

Doyen..... P. APPELL, *Professeur*... Mécanique rationnelle.

Doyen honoraire..... G. DARBOUX..... Géométrie supérieure.

Professeurs honoraires.. { L. TROOST.
Ch. WOLF.
J. RIBAN.

	LIPPMANN.....	Physique.
	BOUTY.....	Physique.
	BOUSSINESQ.....	Physique mathématique et Calcul des probabilités.
	PICARD.....	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
	H. POINCARÉ.....	Astronomie mathématique et Mécanique céleste
	Y. DELAGE.....	Zoologie, Anatomie, Phy- siologie comparée.
	G. BONNIER.....	Botanique.
	DASTRE.....	Physiologie.
	KOENIGS.....	Mécanique physique et ex- périmentale.
	VÉLAIN.....	Géographie physique.
	GOURSAT.....	Calcul différentiel et cal- cul intégral.
	CHATIN.....	Histologie.
Professeurs	PELLAT.....	Physique.
	HALLER.....	Chimie organique.
	JOANNIS.....	Chimie (Enseign ^t P. C. N.).
	JANET.....	Physique (— —)
	WALLERANT.....	Minéralogie.
	ANDOYER.....	Astronomie physique.
	PAINLEVÉ.....	Mathématiques générales.
	HAUG.....	Géologie.
	TANNERY.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	RAFFY.....	Application de l'analyse à la Géométrie.
	HOUSSAY.....	Zoologie.
	H. LE CHATELIER.....	Chimie.
	G. BERTRAND.....	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE.....	Physique générale.
	CAULLERY.....	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ.....	Chimie appliquée.
	G. URBAIN.....	Chimie.
	BOREL.....	Théorie des fonctions.

	PUISEUX.....	Mécanique et Astronomie.
	LEDUC.....	Physique.
Professeurs adjoints.. {	HADAMARD.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	MATRUCHOT.....	Botanique.
	MICHEL.....	Minéralogie.
	G. PRUVOT.....	Anatomie comparée.

Secrétaire A. GUILLET.

A

M. GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT
PROFESSEUR A LA SORBONNE

A

M. A. MAIGE

PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES SCIENCES D'ALGER

Hommage respectueux
et témoignage de vive reconnaissance.

RECHERCHES
SUR LA
RESPIRATION DES ORGANES VÉGÉTATIFS
DES PLANTES VASCULAIRES

Par G. NICOLAS

INTRODUCTION

« Il n'y a pas un seul phénomène physiologique qui indique aussi précisément l'activité vitale des plantes que la respiration ; ce phénomène est intimement lié à la plupart des réactions qui s'effectuent dans les plantes. » Cette phrase de Palladine explique facilement les nombreux travaux que l'étude de cette fonction a suscités. Les recherches de la plupart des auteurs, qui se sont occupés de cette question, ont porté sur la respiration des feuilles, des racines, des fleurs, des fruits, des graines en germination ; aucun physiologiste ne s'est attaché à comparer la respiration de certains de ces organes entre eux. Il était cependant logique de penser qu'à une morphologie très différente correspondait peut-être une physiologie respiratoire spéciale. Le limbe de la feuille, en particulier, caractérisé par une large surface, des stomates nombreux, et des chloroleucites abondants, siège de toutes les réactions chimiques qui ont pour résultat l'entretien de la vitalité de la cellule, en un mot laboratoire vivant où s'effectuent principalement des réactions qui exigeraient *in vitro* des dépenses d'énergie considérables, le limbe, où la sève brute, puisée dans le sol par les racines, se transforme en sève élaborée sous l'influence des diverses fonctions, devait particulièrement attirer l'attention. Il m'a

donc paru intéressant de comparer, au point de vue respiratoire, les organes végétatifs des plantes vasculaires (limbe foliaire ou organes le remplaçant physiologiquement, pétiole, tige, racine).

Ce travail comprendra cinq chapitres ; le premier est réservé à l'exposé des différentes recherches sur la fonction respiratoire en général, et des théories émises pour l'explication du mécanisme intime de ce phénomène si complexe ; le deuxième comprend la description des procédés expérimentaux et l'examen critique des erreurs d'expériences ; je décrirai, dans les troisième et quatrième chapitres, les expériences relatives à la respiration normale et à la respiration intramoléculaire, en résumant, à la fin de chacun d'eux, les principaux résultats obtenus ; enfin le dernier chapitre est destiné aux recherches sur l'influence de l'aération des tissus. Je terminerai par quelques considérations générales sur la fonction respiratoire des organes végétatifs et particulièrement du limbe foliaire.

Cette étude m'a été inspirée par M. Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger ; je suis heureux de lui adresser ici l'expression de ma sympathie et de ma vive reconnaissance pour les facilités de travail qu'il m'a procurées, les précieux conseils et les encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer. Que M. Gaston Bonnier me permette de lui exprimer ma gratitude pour l'hospitalité généreuse qu'il m'a offerte au Laboratoire de Biologie Végétale de Fontainebleau, et pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à mes recherches.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les recherches entreprises sur la respiration des végétaux sont beaucoup trop nombreuses pour pouvoir être passées en revue ici ; aucune ne se rapportant directement au sujet que j'ai choisi, je ne m'occuperai que des travaux de nature à éclairer le phénomène général de la respiration, sans m'astreindre à suivre rigoureusement l'ordre chronologique.

L'histoire de la respiration peut se diviser en trois périodes. La première, pendant laquelle on s'attache à montrer l'existence de cette fonction, remonte au ^{xvii}^e siècle. En 1686, MALPIGHI (1) constate déjà que la germination ne s'effectue pas en l'absence de l'air ; mais ce n'est qu'en 1777 que SCHEEL observe, pendant la germination des graines, une consommation d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique. INGENHOUSZ, qui a étudié la respiration en même temps que l'assimilation du carbone, s'exprime ainsi : « les plantes exhalent un air nuisible pendant la nuit et dans les lieux obscurs pendant le jour, elles corrompent l'air commun dont elles sont entourées, mais le mauvais effet est plus que contrebalancé par leur influence salutaire pendant le jour », et encore : « les feuilles des plantes exposées dans l'obscurité expirent constamment un gaz méphitique nuisible à la respiration des animaux ». Cette découverte capitale ne fut pas acceptée à cette époque sans contestation et provoqua tout particulièrement les protestations d'un docteur suisse, SENEBIER. « C'est par défaut d'attention, dit-il, qu'on a pu calomnier la nature et les plantes en leur attribuant la dangereuse propriété de répandre pendant la nuit un air propre à diminuer la pureté de l'atmosphère par ses qualités nuisibles. » SENEBIER attribuait l'air expiré par les feuilles pendant la nuit à un commencement d'altération.

HUBER signale un peu plus tard le dégagement d'acide carbo-

(1) Voir l'index bibliographique à la fin de l'ouvrage.

nique par les graines en germination. Mais c'est surtout DE SAUSSURE qui a publié les premiers travaux importants sur la respiration et compris le rôle essentiel de ce phénomène dans la nutrition des végétaux. Cet auteur a observé l'absorption d'oxygène et le dégagement correspondant d'acide carbonique avec des branches ou des feuilles maintenues à l'obscurité, des graines en germination, des fleurs, des fruits, des racines, des Champignons. Dans certains cas, par exemple dans les germinations de Blé, le volume de l'oxygène consommé est égal au volume du gaz carbonique dégagé, autrement dit, le quotient respiratoire est égal à l'unité; d'autres fois il est inférieur à l'unité. Le phénomène désigné dans la suite sous les noms de fermentation propre, de résistance à l'asphyxie et de respiration intramoléculaire, déjà constaté par ROLLO, l'a été aussi par DE SAUSSURE. Ses expériences sur des graines entassées dans un milieu dépourvu d'oxygène, et sur des végétaux verts dans une atmosphère d'azote, à l'obscurité, ont montré qu'il y avait formation d'acide carbonique. Cet éminent physiologiste a parfaitement établi la distinction entre la respiration normale et la fermentation propre en disant : « qu'il n'y a aucune analogie entre une graine qui germe sous l'influence du gaz oxygène et une graine qui se décompose dans un lieu qui en est totalement privé ».

MEYEN a généralisé le phénomène respiratoire pour toutes les parties des plantes. LORY a observé que des Orobanchées, soit à la lumière, soit à l'obscurité, absorbent l'oxygène et dégagent à sa place de l'acide carbonique, et que, dans une atmosphère d'hydrogène pur, elles produisent une forte proportion de CO^2 et un peu d'azote; le dégagement de ces gaz ne correspondrait pas directement à l'absorption de l'oxygène, mais ils ne seraient que les produits définitifs des réactions qui s'accomplissent dans les tissus.

L'existence du phénomène respiratoire était dès lors bien établie, malgré l'opinion contraire de LIEBIG; à l'obscurité, les végétaux, en présence de l'air, absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique (1), processus vital correspon-

(1) La production d'hydrogène, pendant la respiration des Champignons, dans l'air ou dans l'eau, signalée par de Humboldt et de Candolle, n'a pas été

dant à la respiration animale ; dans une atmosphère dépourvue d'oxygène, ils continuent à vivre pendant quelque temps aux dépens de leurs propres tissus. Quant aux plantes vertes, exposées à la lumière, elles manifestent des échanges gazeux inverses des précédents, c'est-à-dire qu'elles absorbent de l'acide carbonique et dégagent de l'oxygène, fonction importante désignée dans la suite sous le nom d'assimilation chlorophyllienne. La plupart des auteurs n'ont pas su distinguer chez ces plantes la respiration proprement dite, l'inspiration comme ils l'appelaient, de l'assimilation chlorophyllienne, l'expiration, et il faut arriver à DUTROCHET, à MOHL et surtout à GARREAU pour avoir une idée exacte de la relation qui existe entre le dégagement et l'assimilation de l'acide carbonique.

L'histoire de la respiration entre alors dans une nouvelle période, pendant laquelle les physiologistes vont se préoccuper surtout de pénétrer le mécanisme intime de cette fonction et en même temps la généraliseront pour tous les végétaux.

Les travaux classiques de GARREAU ont permis de distinguer formellement les deux phénomènes réunis sous le nom de respiration (diurne et nocturne) et de considérer la respiration animale ou végétale comme une propriété du protoplasme vivant, qu'il soit à la lumière ou à l'obscurité. Le phénomène chlorophyllien, essentiellement réducteur, localisé dans les parties vertes des végétaux et ne se produisant que sous l'influence de la lumière, a été ainsi séparé de l'autre échange gazeux, comburant, la respiration. Garreau a confirmé les observations de de Saussure, de GRISCHOW sur les quantités d'acide carbonique et d'oxygène mises en jeu pendant la respiration, et a observé, sur des feuilles ou des rameaux feuillés, que la quantité de gaz carbonique expiré était beaucoup moins grande que celle de l'oxygène inspiré. Cet auteur considère l'acte respiratoire, chez les plantes comme chez les animaux, comme une combustion, qui a « pour résultat final et appréciable de déplacer leur carbone en élevant leur température (1) ». La cause pre-

observée par Marcet, en présence de l'air ; cet auteur attribue ce dégagement pour les Champignons immergés, à une décomposition accidentelle des tissus, à l'abri de l'oxygène (provoquée par le *Bacillus Amylobacter*).

(1) Dutrochet a déjà montré que toutes les parties des végétaux possèdent une chaleur propre supérieure à celle du milieu ambiant.

mière de la respiration doit être recherchée « dans le fluide vital, dans cette gangue de toute organisation, comme l'appelle M. de Mirbel, dans cette substance la plus parfaite de toutes celles qui composent les plantes », dans la matière azotée vivante, en un mot dans le protoplasme. La quantité de gaz carbonique dégagé serait d'autant plus grande que les plantes sont plus riches en matières protéiques vivantes et qu'elles présentent une surface plus étendue relativement à leur masse. La respiration serait, d'après Garreau, un acte essentiellement chimico-vital, qui cesse avec la vie.

CORENWINDER a confirmé par de nombreuses expériences les résultats de Garreau, et admet que toutes les feuilles jouissent de la propriété d'exhaler CO_2 pendant la nuit et à l'obscurité artificielle pendant le jour. Cet auteur a démontré aussi que les racines ont besoin, pour vivre, d'oxygène, et qu'au lieu d'absorber, comme on le croyait, l'acide carbonique du sol à l'état de gaz, elles dégagent ce gaz, surtout lorsqu'elles sont séparées de la tige et des feuilles.

BOUSSINGAULT (1) établit une analogie presque complète entre une plante, possédant une tige, des feuilles et des racines, placée à l'obscurité, et un animal pendant toute la durée de son existence. Voici à peu près comment il s'exprime : en respirant, l'animal, même le plus simple, émet de la chaleur, de l'eau, de l'acide carbonique ; la combustion respiratoire transforme une partie de l'albumine consommée en un produit azoté cristallin, l'urée, qui se trouve dans les excréments. Dans le cas d'une plante vivant à l'obscurité, une semblable modification de l'albumine ne saurait être aussi manifeste, par la raison que les végétaux sont dépourvus d'organes excréteurs, mais, dans le suc cellulaire, on trouve un principe cristallin, l'asparagine, qui est une amide comme l'urée, et qui se transforme en aspartate d'ammoniaque, comme l'urée se transforme en carbonate d'ammoniaque. On trouve l'asparagine tant que domine la force éliminatrice, mais, dès que la force réductrice vient

(1) En s'aidant de l'analyse chimique, Boussingault a trouvé que dans certains cas, le quotient respiratoire $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$ est égal à l'unité ; d'après Oudemans et Rauwenhoff, il est < 1 .

à dominer par l'abondance des feuilles, l'asparagine disparaît.

Comme on le voit, les physiologistes ne se contentent plus d'observer les échanges gazeux respiratoires, ils cherchent à expliquer les différentes réactions qui s'effectuent dans la cellule et qui unissent l'entrée de l'oxygène à la sortie de l'acide carbonique. Ainsi, d'après DEHÉRAIN et MOISSAN, « la quantité d'oxygène absorbé par les feuilles surpasse la quantité d'acide carbonique produite; la différence est surtout sensible aux basses températures, qui paraissent favoriser dans les plantes la formation de produits incomplètement oxydés, tels que les acides végétaux ». Ces deux auteurs considèrent la feuille comme le « laboratoire de la plante », où s'élaborent les principes immédiats, qui, après diverses métamorphoses, servent à la formation des organes nouveaux; ces métamorphoses exigent une certaine quantité de chaleur, qui est fournie par l'oxydation respiratoire. Le rôle respiratoire des acides organiques, déjà entrevu par de Saussure avec des fruits, est nettement indiqué ici; ces substances mieux connues dans la suite, tant au point de vue de leur répartition que de leur formation et de leur destruction intracellulaires, devaient être considérées comme exerçant sur la respiration une influence prépondérante.

La respiration des racines, peu étudiée jusqu'alors, a fait l'objet des recherches de DEHÉRAIN et VESQUE (1), qui admettent que ces organes, encore fixés à la plante, fonctionnent comme les autres parties des végétaux, absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique en quantité moindre. Ces auteurs ont montré que l'oxygène est nécessaire aux racines et qu'il ne suffit pas, pour que la plante puisse vivre, que sa partie aérienne plonge dans une atmosphère oxygénée, il faut encore que le gaz comburant soit directement en contact avec les organes souterrains.

CORENWINDER, en étudiant les fonctions physiologiques des feuilles aux diverses périodes de leur développement, a constaté que la respiration, mesurée par le dégagement de CO_2 , est très prononcée, pendant le jour, au moment

(1) Ces deux auteurs ont montré que le dégagement d'azote qui accompagne la respiration, déjà signalé par quelques auteurs, n'est qu'apparent, et dû simplement à la diminution de l'oxygène dans l'atmosphère confinée, ce qu'il est permis de vérifier à l'aide du manomètre.

de l'éclosion des bourgeons, mais qu'elle s'affaiblit rapidement à partir de cette époque. Les substances azotées, analysées par l'auteur, abondantes dans les feuilles naissantes, diminuent en quantité à mesure que celles-ci se développent ; il y aurait donc, dans les feuilles, une relation entre le phénomène respiratoire et la prédominance des matières azotées.

BORODINE, ayant observé que le dégagement d'acide carbonique par des rameaux feuillés va en s'affaiblissant à l'obscurité et reprend sa valeur primitive après une insolation même de courte durée, admet que l'intensité respiratoire est réglée par la quantité de matières non azotées contenues dans les cellules, à l'exclusion de la cellulose ; l'oxygène agirait sur le protoplasme, tandis que les substances hydrocarbonées, l'amidon en particulier, serviraient à régénérer le protoplasme qui se décompose sans cesse, ce qui pourrait expliquer le rapport entre la présence d'une grande quantité d'amidon et l'énergie de la respiration.

MOISSAN, qui a étendu à divers organes (bourgeons, rameaux, pétales) les expériences qu'il avait entreprises sur les feuilles en collaboration avec Dehérain, considère la respiration comme un phénomène essentiel, qui « fournit à la plante l'énergie dont elle a besoin pour effectuer les métamorphoses nécessaires à la formation de principes immédiats (acides végétaux, sucre de canne, amidon, cellulose, corps gras pauvres en oxygène, résines, huiles essentielles) ».

BONNIER et MANGIN ont montré, par l'emploi des deux méthodes de l'atmosphère confinée et du renouvellement d'air continu, que tous les tissus (1) végétaux (champignons, graines en germination, rhizomes, racines, plantes étiolées, certaines fleurs, feuilles) respirent, et établi d'une façon définitive que la respiration consiste simplement dans l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique, sans que ni l'azote ni l'hydrogène interviennent. Le quotient respiratoire, indépendant de la pression partielle des gaz, de la température, de l'éclairement, serait généralement inférieur à l'unité ; le résultat de la respiration serait donc, pour la plante, une assimilation d'oxy-

(1) Van Tieghem et Bonnier avaient observé l'absorption d'oxygène et le dégagement de CO_2 par les organes à l'état de vie ralentie, tels que des tubercules et des bulbes.

gène. A un moment donné du développement du végétal, $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, indépendant des conditions extérieures, est réglé par la fixité des réactions chimiques qui s'accomplissent dans la matière vivante. Les auteurs définissent la fonction respiratoire, « l'échange de gaz, absorption d'oxygène et émission corrélative d'acide carbonique, qui se produit entre l'être vivant et le milieu extérieur ; fonction définie par le lien invariable qui unit l'entrée d'un gaz à la sortie de l'autre, quelles que soient les réactions intermédiaires ».

La méthode de l'atmosphère confinée, d'un emploi courant en physiologie, est vivement critiquée par DEHÉRAIN et MAQUENNE (1), qui ont utilisé la méthode du vide et reprochent à la première de ne pas tenir compte des gaz, particulièrement de l'acide carbonique, retenus dans le suc cellulaire.

On a vu précédemment le rôle assigné aux acides organiques dans la respiration. KRAUS a déterminé l'acidité du suc cellulaire dans les différents organes des végétaux, et observé que, dans les plantes ligneuses et herbacées ordinaires, les feuilles sont les parties les plus acides, les racines les moins acides, exception faite pour les Crassulacées. Kraus a montré que la périodicité diurne de l'acidité, connue depuis assez longtemps chez les Crassulacées, est un phénomène général, qui s'applique à tous les végétaux ; elle consiste dans l'augmentation de l'acidité pendant la nuit et dans sa diminution pendant le jour. Conséquemment il n'admet pas, et en ceci il est d'accord avec DE VRIES, que la formation des acides dépend directement de l'assimilation chlorophyllienne ; mais, étant donnée la distribution de ces acides, qui s'accumulent surtout dans les tissus riches en protoplasme, il les considère comme des produits accessoires de la respiration ; leur destruction, au contraire, est soumise à l'influence de la lumière. Quant aux matières qui leur donnent naissance, ce seraient peut-être les sucres réducteurs, dont la quantité dans les cellules varie en sens inverse de l'acidité.

(1) Ces auteurs sont d'accord avec Bonnier et Mangin sur l'indépendance de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ vis-à-vis des conditions extérieures, à l'exception toutefois de la température.

WARBURG explique les nombreux cas où le quotient respiratoire est inférieur à l'unité par l'augmentation de l'acidité. L'acidification, ou plutôt la formation des acides, qui n'est autre chose, chez les plantes grasses, que le résultat de l'oxydation incomplète des hydrates de carbone, ferait partie de la respiration; quant à la désacidification ou destruction des acides, qui s'effectue sous l'influence de la lumière, de la chaleur, ou encore, comme le montre Purjewicz, à la suite d'un séjour prolongé à l'obscurité, elle a pour effet d'augmenter $\frac{CO^2}{O}$, qui peut devenir alors > 1 .

Des acides tout formés, fournis aux plantes, se détruisent, augmentent l'émission du gaz carbonique et élèvent le quotient respiratoire; c'est ce qu'a constaté MANGIN. En injectant de l'acide malique à certaines feuilles, Mangin a obtenu des rapports $\frac{CO^2}{O}$ bien supérieurs à l'unité, égaux par exemple à 1,22 et à 1,97.

De même PURJEWICZ a observé que des plantules étiolées de Blé, placées, les unes sur de l'eau, les autres sur une solution de malate de chaux à 2 p. 100, pendant quatre jours à l'obscurité, présentaient des quotients respiratoires respectivement égaux à 0,75 et à 1,07. Si l'on admet que les acides se forment par l'oxydation incomplète des hydrates de carbone, il est naturel de penser qu'en fournissant aux cellules des substances hydrocarbonées, on augmentera leur acidité et par suite on diminuera $\frac{CO^2}{O}$. Cette hypothèse a été vérifiée aussi par Purjewicz sur des plantules de Haricots étiolées; celles-ci, coupées et exposées pendant trois jours à l'obscurité, les unes sur de l'eau pure, les autres sur une solution de glucose à 3 p. 100, ont donné des quotients respiratoires respectivement égaux à 0,72 et à 0,40. Dans ces dernières expériences, le glucose fourni aux plantules a dû servir exclusivement à la formation d'acides car on sait depuis assez longtemps, et nous l'avons, Maige et moi, récemment vérifié pour différents sucres, que les matières sucrées augmentent le quotient respiratoire. D'autres expériences

du même auteur ont montré que $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ est minimum à la température à laquelle la formation des acides arrive au maximum.

Ces résultats devaient être confirmés un peu plus tard par les recherches de GERBER sur la maturation des fruits charnus. Gerber a observé que, contrairement à l'opinion d'AUBERT (1) et à ce qui se passe dans les plantes ordinaires, « les fruits charnus sucrés dégagent à certaines phases de leur développement un volume de gaz carbonique supérieur au volume d'oxygène qu'ils absorbent dans le même temps, et présentent par suite un quotient respiratoire supérieur à l'unité ».

Il se dégage nettement de ces différentes expériences que les acides organiques doivent jouer un certain rôle dans la respiration, et que leur formation ou leur destruction influent sur le quotient respiratoire.

Reprenant l'idée de Garreau, qui considérerait la respiration comme une fonction du protoplasme, PALLADINE la développe et compare la cellule vivante à une usine : les machines y seraient représentées par le protoplasme, tandis que les hydrates de carbone constitueraient le combustible, le charbon. La quantité de travail produite par la machine dépend naturellement de la force de cette machine, à condition, bien entendu, qu'elle soit alimentée par des quantités suffisantes de charbon, autrement dit, la respiration serait sous la dépendance de la quantité des substances protéiques si celles-ci ont à leur disposition suffisamment de matières hydrocarbonées. Dans cette hypothèse, l'oxygène se fixerait non pas sur ces dernières, mais sur les substances albuminoïdes, qui donneraient, par leur décomposition, de l'asparagine et de l'eau, en même temps qu'il se constituerait de la membrane cellulaire ; l'albumine serait régénérée par l'asparagine et les hydrates de carbone, avec formation, dans les organes en voie d'accroissement, de produits accessoires, tels que les acides organiques.

Cette théorie, séduisante il est vrai, eut le sort de beaucoup d'hypothèses, elle ne fit que passer, car à la suite de la décou-

(1) Aubert, dans son étude sur la respiration des plantes grasses, n'admet pas que le quotient respiratoire puisse être >1 .

verte des diastases respiratoires, son auteur lui-même devait l'abandonner pour s'engager dans la voie nouvelle.

La présence, chez les végétaux, de corps très oxydables, et leur rôle respiratoire, qui devaient bientôt être remis en évidence, avaient d'ailleurs été soupçonnés depuis quelque temps par REINKE, qui considérait la respiration comme une oxydation indépendante du corps vivant de la cellule, et non pas, ainsi qu'on le croyait généralement, comme une fonction de l'organisme vivant indispensable à l'entretien de la vitalité.

Bien avant Reinke, TRAUBE (1) semblait admettre chez les animaux, et particulièrement dans les muscles, sans avoir fait, il est vrai, d'expériences bien concluantes, la présence de ferments, qu'il appelle « oxydations fermentes », corps capables de s'emparer de l'oxygène atmosphérique pour le transmettre aux substances fermentescibles en présence desquelles ils se trouvent; ainsi réduits, ils peuvent de nouveau prendre de l'oxygène, le céder et par suite oxyder une quantité indéfinie de matières fermentescibles.

Si, dans ce qui précède, je n'ai parlé que de la respiration normale, c'est pour rendre l'exposé plus clair; il ne faudrait cependant pas croire que, pendant cette période, la respiration intramoléculaire n'a pas été étudiée. Les recherches entreprises sur cette question sont assez nombreuses et ont pour but surtout de généraliser le phénomène; quelques-unes même, relatives à la mesure du rapport $\frac{I}{N}$, indiquent déjà que leurs auteurs se préoccupent de la comparaison entre les deux respirations, normale et intramoléculaire. Je vais les passer rapidement en revue.

Avant 1850, c'est-à-dire pendant la première période de l'histoire de la respiration, de rares auteurs avaient constaté le dégagement d'acide carbonique par des plantes placées dans une atmosphère dépourvue d'oxygène. Il faut même arriver dans la deuxième période jusqu'en 1872 pour trouver de nouvelles recherches sur cette question. A cette époque, LECHARTIER et BELLAMY observent, en exposant pendant plusieurs mois

(1) Traube cherche déjà à expliquer le dédoublement du sucre en alcool et en acide carbonique par l'intervention d'une diastase sécrétée par la levure.

des fruits (pommes et poires) dans un ballon privé d'oxygène, « la destruction du sucre, la production de CO^2 et d'alcool », phénomène analogue à la fermentation alcoolique, mais qui s'effectue sans l'intervention du ferment alcoolique, dont la présence à l'intérieur des cellules n'est pas indiquée par l'examen microscopique.

BÖHM constate la formation immédiate d'acide carbonique par des plantes terrestres fraîches, dans une atmosphère d'hydrogène, et considère ce phénomène comme une fonction de la vie cellulaire du végétal, qui continue à se procurer, « par combustion intérieure », les forces nécessaires à l'exercice de ses fonctions.

MÜNTZ (1) montre que des Champignons, soustraits à l'action de l'oxygène, dégagent de l'acide carbonique et produisent de l'alcool, résultat d'une fermentation alcoolique des sucres contenus dans les tissus, mais qui se fait sans l'intervention d'êtres organisés.

En maintenant pendant assez longtemps des graines en germination dans un air confiné, DEHÉRAIN et LANDRIN (2) remarquent la disparition de l'oxygène dans l'atmosphère, et la continuation du dégagement de CO^2 . La production d'acide carbonique par des feuilles séjournant dans une atmosphère dépourvue d'oxygène, observée par DEHÉRAIN et MOISSAN, est le résultat « d'une sorte de combustion interne, analogue à celle que la levure de bière provoque dans le glucose qui se réduit en acide carbonique et en alcool ». La résistance à l'asphyxie, comme on l'appelait alors, a été mise en évidence par MOISSAN pour les pétales, et par VAN TIEGHEM et BONNIER pour des tubercules et des bulbes à l'état de vie ralentie.

Les auteurs précédents se sont contentés de constater le phénomène de la fermentation propre, qu'il était évidemment nécessaire de généraliser. A partir de cette époque, son exis-

(1) Müntz prétend que les champignons, qui renferment de la mannite, dégagent en outre un peu d'hydrogène; celui-ci est dû, sans doute, à la présence de microorganismes.

(2) L'hydrogène, qui accompagne quelquefois l'acide carbonique, en l'absence d'oxygène, n'est pas, selon l'opinion de Schulze, un produit normal de la germination, mais un produit morbide, provenant de la décomposition de la graine.

tence étant définitivement établie, les physiologistes auront surtout pour but la comparaison entre la respiration normale et la respiration intramoléculaire.

Ainsi, d'après WORTMANN (1), le rapport $\frac{I}{N}$ serait égal à l'unité, tandis que, pour MELLER, il n'est égal qu'à $\frac{1}{3}$ pour des graines en germination.

PFEFFER, WORTMANN, DETMER considèrent la respiration intramoléculaire comme la véritable respiration, tandis que l'oxygène exerce une influence secondaire en oxydant l'alcool provenant de la fermentation propre; Pfeffer pense même que les métamorphoses compliquées, qui s'accomplissent dans les plantes ordinaires pendant la respiration intramoléculaire, peuvent continuer en présence de l'oxygène. DIAKONOW, au contraire, estime que le passage de la respiration normale à la respiration intramoléculaire se fait brusquement dès que les cellules sont privées d'oxygène.

On considérerait jusqu'alors les processus respiratoires comme un acte chimico-vital, dépendant directement du protoplasme et ne s'effectuant que dans la cellule vivante: en présence de l'air, de l'oxygène pénètre dans les cellules, est fixé par la matière vivante, et, après différentes transformations, de l'acide carbonique se dégage; dans une atmosphère dépourvue d'oxygène, le végétal, supérieur en ceci à l'animal, continue à vivre pendant quelque temps, en empruntant à sa propre matière l'énergie que ne lui fournit plus l'oxygène; les deux phénomènes, respiration normale et respiration intramoléculaire, sont généralement séparés l'un de l'autre et se succèdent brusquement, suivant la présence ou l'absence d'oxygène. De rares auteurs avaient deviné leur simultanéité, et seuls, REINKE et TRAUBE semblaient avoir entrevu la nature diastasique de la respiration normale, que des recherches ultérieures devaient bientôt mettre en évidence.

(1) Palladine trouve $\frac{I}{N}$ égal à 4 pour les jeunes pousses de Fève; Stich admet que $\frac{I}{N}$ est généralement < 1 .

Deux découvertes importantes marquent le début de la troisième période dans l'histoire de la respiration; d'une part celle des oxydases, d'autre part celle de la zymase. Il ne sera plus possible désormais d'exposer séparément les travaux sur les deux respirations normale et intramoléculaire, phénomènes que l'on tend, au contraire, à rapprocher de plus en plus.

En 1893, BERTRAND, reprenant les expériences d'un chimiste japonais, Yoshida, sur le latex de l'arbre à laque, montre l'existence, dans cette émulsion, d'un ferment oxydant, qu'il désigne sous le nom de Laccase. Sous l'influence de cette laccase, des corps artificiels, comme l'hydroquinone, le pyrogallol, ou naturels, comme le laccol, l'acide gallique, le tanin, absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique; il y a ici un échange gazeux, qui « ressemble à une respiration artificielle, et qui représente peut-être un phénomène voisin de ceux qui se passent dans la respiration des végétaux ». Or, cette laccase, très répandue chez les végétaux, a été isolée dans un grand nombre de plantes. On la met facilement en évidence, par exemple en utilisant la réaction extrêmement sensible, qui consiste dans la coloration bleue, prise par la teinture de gaïac, en s'oxydant sous l'influence combinée de l'air et de la laccase. Cette diastase est sans action sur la tyrosine, substance que l'on trouve dans les tubercules de *Dahlia*, de pomme de terre, dans le *Russula nigricans*, et qui s'oxyde au contact de l'air en produisant une coloration rouge, puis noire; ce phénomène est dû à une diastase spéciale, la tyrosinase, nouveau ferment soluble oxydant, appartenant à la série des substances sécrétées par les cellules vivantes, et désignées universellement sous le nom d'oxydases (1). Elles n'agissent, en général, que sur les corps de la série aromatique : phénols, amines phénoliques et leurs produits de substitution; on verra, dans la suite, que leur pouvoir oxydant est assez restreint.

C'est à BÜCHNER, en 1897, que nous sommes redevables de

(1) Des travaux plus récents, en particulier ceux de Chodat et Bach, ont montré que les oxydases ne sont que des mélanges de deux autres substances, les oxygénases et les peroxydases, qui existent à la fois dans les végétaux. Les oxygénases, qui fixent l'oxygène de l'air avec formation de peroxydes, ne peuvent exercer une action oxydante qu'en présence des peroxydases, qui augmentent la puissance oxydante des peroxydes.

la découverte de l'enzyme de la fermentation alcoolique, fonction que la plupart des auteurs, Pasteur en particulier, considéraient comme une propriété exclusive de la cellule vivante de levure. Quelques savants, Traube, Berthelot, Claude Bernard, pensaient, sans apporter de preuves expérimentales, que le dédoublement des sucres en alcool et en acide carbonique constitue une réaction chimique pouvant s'effectuer en dehors des cellules vivantes. Les expériences de Büchner ont donné raison à ces derniers. En soumettant la levure à des pressions très énergiques (500 atmosphères), Büchner a obtenu un liquide très actif, provoquant la fermentation alcoolique en l'absence de toute cellule; il a donné à l'enzyme contenue dans ce liquide le nom de zymase.

Si la zymase provoque le dégagement d'acide carbonique et la formation d'alcool, on pourrait peut-être attribuer à un ferment analogue la présence de l'alcool à l'intérieur des tissus de certaines plantes. Il était nécessaire tout d'abord de constater l'existence de cette substance dans les cellules; c'est ce qu'ont fait certains auteurs.

Ainsi, BERTHELOT observe de l'alcool dans les feuilles jeunes de Blé, de Coudrier; DEVAUX, dans les parties profondes des tiges ligneuses; dans ce cas, les tissus internes, étant à partir d'un certain diamètre en état d'asphyxie par suite de la difficulté d'accès de l'oxygène, sont soumis à la respiration intramoléculaire, avec production d'alcool et de CO^2 ; ce dégagement accessoire d'acide carbonique expliquerait l'augmentation de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ qui devient > 1 .

Par l'étude des échanges gazeux de feuilles préalablement maintenues dans le vide, à l'abri de la lumière, MAQUENNE a constaté que, en les replaçant à l'air, elles dégagent plus de CO^2 que si elles n'avaient pas séjourné dans le vide; il y aurait une activation de la respiration; cette fonction « semble donc être le résultat d'une combustion lente d'un principe éminemment oxydable, que la cellule vivante sécrète constamment à l'abri de la lumière et qui est susceptible de s'y accumuler quand l'oxygène fait défaut dans l'atmosphère ambiante ». Cette substance serait précisément l'alcool, comme l'ont observé GODLEWSKI et

POLZENIUSZ, dans des pois germant à l'abri de l'air, et MAZÉ.

A ce sujet, DUCLAUX s'exprime ainsi : « L'alcool est un produit normal et nécessaire de la digestion des matières hydrocarbonées de la graine; quand l'oxygène est présent, cet alcool est brûlé et passe inaperçu; il faut, pour le mettre en évidence, soumettre la plante à une asphyxie, qu'il la laisse vivre, ou plutôt qui laisse fonctionner la zymase qu'elle contient, mais ce n'est pas l'état d'asphyxie qui produit l'alcool, c'est l'état d'asphyxie qui le rend visible ».

La méthode, imaginée par Büchner, devait bientôt porter ses fruits et permettre de découvrir, chez quelques végétaux, la zymase observée jusqu'ici seulement dans la levure. Dans ce cas, l'alcool, que l'on sait se former continuellement dans la cellule vivante aux dépens des hydrates de carbone, ne proviendrait-il pas de l'action de cette zymase ou d'une diastase analogue? car on se représente difficilement un ferment existant normalement dans la cellule et ne fonctionnant qu'en l'absence d'oxygène. La respiration, au sens qu'on lui donnait jusqu'alors, c'est-à-dire l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique, serait la résultante des deux phénomènes, jusqu'ici nettement séparés l'un de l'autre, la respiration intramoléculaire et la respiration normale : une partie de l'acide carbonique résulterait du fonctionnement de la première, l'autre, des oxydations. Les expériences entreprises dans ces dernières années ont contribué à affermir cette hypothèse.

MAXIMOW (1), en soumettant à une pression très forte des cultures d'*Aspergillus niger*, a obtenu un liquide capable, en présence de l'air, d'absorber l'oxygène et de dégager de l'acide carbonique. Maximow attribue cette respiration à deux enzymes indépendantes l'une de l'autre, l'une analogue à celle de Büchner, l'autre appartenant au groupe des oxydases; l'activité de la première se manifesterait d'une façon égale dans l'air et dans l'hydrogène; ceci a été constaté aussi par M^{re} KRASNOSSELSKY, avec le suc obtenu par pression de bulbes blessés d'*Allium Cepa*, qui dégage des quantités égales de CO² en présence et en l'absence d'oxygène.

(1) Quelques années plus tard, M^{lle} Junitzky est arrivée aux mêmes résultats que Maximow.

Dans ses recherches antérieures, PALLADINE admettait que l'énergie respiratoire dépend de la masse du protoplasme; à la suite de la découverte du rôle des enzymes dans les processus respiratoires, ce savant physiologiste a dû modifier sa conception de la respiration; il s'est demandé alors si ce phénomène est simplement de nature diastasique, ou s'il dépend aussi directement du protoplasme. L'emploi de la méthode du gel (de préférence à celle de Büchner), par laquelle les plantes ou les portions de plantes sont tuées par un séjour de vingt heures à une température de -20° , a permis à Palladine d'étudier l'activité des enzymes (1), tout en conservant la structure anatomique des cellules. Palladine attribue l'acide carbonique dégagé par la respiration à trois sources : 1° l'acide carbonique d'origine nucléique, qui provient de l'activité d'enzymes très intimement unies au protoplasme, la plupart insolubles, les autres solubles dans le suc exprimé; 2° l'acide carbonique formé par le protoplasme, directement semble-t-il, sous l'influence des excitants; 3° l'acide carbonique produit par les diverses oxydases. Palladine désigne sous le nom d'acide nucléocarbonique (Nukleokohlensäure), celui qui résulte de l'activité de l'enzyme du protoplasme, et dont la quantité dépend de celle des nucléoprotéides, c'est-à-dire du protoplasme; quant à l'enzyme, c'est la « karbonase », elle provoque le dégagement de CO^2 sans aucune participation de l'oxygène, car des bourgeons étiolés de fèves, gelés, dégagent les mêmes quantités de CO^2 dans l'air et dans l'hydrogène. L'acide carbonique d'excitabilité (Reizkohlenensäure) semble formé directement par le protoplasme et lié intimement à la vie de la cellule. Enfin, l'acide carbonique d'oxydation (Oxydasekohlenensäure) est le résultat de l'activité des diastases oxydantes. En somme, ce qui, d'après Palladine, caractérise la respiration, c'est l'acide nucléocarbonique, qui se dégage constamment sans aucune intervention de l'oxygène de l'air; c'est ce gaz qui est produit pendant la respiration intramoléculaire, que l'on peut considérer alors comme un processus fondamental.

La production zymasique d'acide carbonique, aussi bien dans l'air que dans une atmosphère d'hydrogène, a été mise de nou-

(1) Ces basses températures tueraient le protoplasme, mais ne détruiraient généralement pas l'activité des enzymes.

veau en évidence, à l'aide de la méthode du gel, par M^{lle} JUNITZKY. Ayant constaté qu'après un séjour de vingt-quatre heures dans une mince couche d'eau, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire à leur gonflement, des graines de Pois présentent un rapport $\frac{I}{N}$ supérieur à l'unité, l'auteur a fait geler ces graines et les a soumises, soit à un courant d'air, soit à un courant d'hydrogène, pendant dix à onze heures ; elles ont dégagé, dans les deux séries d'expériences, des quantités sensiblement égales d'acide carbonique ; l'enzyme de la respiration intramoléculaire fonctionne donc aussi bien dans l'air que dans une atmosphère dépourvue d'oxygène.

Quelques expériences sur des graines oléagineuses d'*Helianthus annuus*, gelées et exposées d'abord à un courant d'hydrogène jusqu'à dégagement complet de CO², puis soumises à un courant d'air, montrent que le rapport $\frac{I}{N}$ est très grand ; sachant que,

pendant la germination de ces graines, le quotient $\frac{CO^2}{O}$ est beaucoup < 1, on est tout naturellement porté à admettre que, pendant la digestion des réserves de la graine, l'intensité de la respiration intramoléculaire est très faible ; les résultats obtenus par M^{lle} JUNITZKY montrent, au contraire, le rôle important joué par la fermentation propre, qui donne naissance, pendant la respiration à l'air libre, à une grande partie de l'acide carbonique, l'autre partie provenant des oxydations, qui, au lieu de brûler les corps gras, les transforment en substances plus oxygénées.

L'emploi très fréquent des deux termes, respiration intramoléculaire et fermentation alcoolique, l'un pour l'autre, est dû à la confusion établie entre ces deux phénomènes par certains auteurs, GODLEWSKI, STOKLASA, par exemple, d'après les valeurs sensiblement égales à l'unité du rapport $\frac{CO^2}{C^2H^5OH}$ de l'acide carbonique dégagé à l'alcool produit pendant la respiration intramoléculaire. NABOKICH n'admet pas toujours l'identité entre ces deux fonctions, identité que PALLADINE et

KOSTYTSCHEW rejettent la plupart du temps. Il résulterait, de leurs dernières expériences, que la production d'alcool, en respiration anaérobie, est sous la dépendance des hydrates de carbone, qu'il peut prendre naissance de notables quantités d'alcool, si ceux-ci sont abondants, qu'au contraire, s'ils manquent, il ne s'en forme pas ; dans le premier cas, la respiration intramoléculaire est une fermentation alcoolique, dans le deuxième, elle consiste simplement dans le dégagement de CO^2 par dédoublement sans doute des matières albuminoïdes. Kostytschew a montré, par exemple, que la vie anaérobie de l'*Agaricus Campestris* s'effectue sans production d'alcool. Ce qui vient d'être dit explique aussi la confusion presque toujours établie entre la zymase ou diastase de la fermentation alcoolique, et l'enzyme de la respiration intramoléculaire, la Karbonase de Palladine.

STOKLASA et ses collaborateurs, qui considèrent la respiration intramoléculaire comme une véritable fermentation alcoolique, ont mis en évidence l'existence, dans les cellules, de deux diastases qui provoquent la dissociation des sucres : l'une, la zymase, transforme le sucre en acide lactique, l'autre, la lactacidase, dédouble ce dernier en CO^2 et en alcool ; ce sont là ce que ces auteurs appellent les processus primaires qui s'accomplissent dans le protoplasme : quant aux processus secondaires, ils résultent de l'action de l'oxygène. Comment s'exerce cette action ? KOSTYTSCHEW a constaté récemment qu'il y avait réellement, à l'air libre, oxydation non pas de l'alcool, mais des produits intermédiaires de la fermentation ; l'alcool éthylique ne serait qu'un produit accessoire de la respiration, qui ne prend pas naissance dans les conditions normales. Son apparition, observée par différents auteurs, signifierait que, dans l'organisme, l'activité des oxydations et celle des processus primaires de décomposition des sucres ne marchent pas toujours de pair, et que, dans certaines conditions, une partie des produits de transformation des sucres provenant des processus primaires de la respiration intramoléculaire échappe à l'action des oxydases pour subir une fermentation complète, qui les transforme en alcool et en CO^2 .

Cette hypothèse est confirmée par les expériences de

BOYSEN-JENSEN, qui a montré l'existence, pendant la fermentation du glucose sous l'action de la levure, d'une substance intermédiaire, la dioxyacétone. Ici encore la fermentation alcoolique serait due à deux diastases : la dextrase, qui transforme le dextrose en dioxyacétone, et la dioxyacétonase qui décompose cette dernière substance en alcool et en acide carbonique. L'auteur a observé que les oxydases sont capables d'oxyder directement la dioxyacétone et de provoquer ainsi le dégagement de CO^2 et la formation d'eau.

Il résulte de ces différentes expériences que la respiration intramoléculaire, analogue quelquefois à une fermentation alcoolique, quand les sucres abondent dans les cellules, ou qui consiste simplement dans le dégagement de CO^2 par dédoublement sans doute des matières albuminoïdes, constitue le premier stade de la respiration à l'air libre, et fournit à l'oxydation différents matériaux.

Il ne me reste, pour terminer cet historique, qu'à dire quelques mots des expériences récentes de PALLADINE. L'attention de ce physiologiste a été attirée par la coloration que prennent, après exposition à l'air, des embryons de Blé, laissés sous l'eau pendant plusieurs jours, et il a été amené à admettre la formation, par ces embryons, de substances incolores, s'oxydant à l'air pour donner des substances colorées, des pigments, que les embryons eux-mêmes peuvent réduire à l'état de chromogènes, en leur enlevant leur oxygène, grâce à des diastases qu'ils renferment, les réductases. Avant PALLADINE, REINKE attribuait déjà aux chromogènes un rôle important dans la respiration ; cet auteur pensait que, formés dans le protoplasme, ils fixent directement l'oxygène de l'air, le transforme ainsi en oxygène atomique, capable de brûler directement les hydrates de carbone, les graisses ou les acides.

PALLADINE a montré l'existence de ces chromogènes dans un grand nombre de plantes. Ce savant admet, d'une part, que ces chromogènes ne s'oxydent pas directement, mais par l'intermédiaire des oxydases ; d'autre part, qu'après leur transformation en pigments, ils cèdent leur oxygène, non pas aux hydrates de carbone, mais aux produits de la décomposition anaérobie de ces substances.

L'oxydation du chromogène serait un phénomène réversible : aussitôt que le pigment est formé, il perd son oxygène et repasse à l'état de chromogène ; la réduction se fait par l'intermédiaire d'une diastase spéciale, la réductase.

A la suite de ces expériences, PALLADINE arrive à la conception suivante de la respiration : le processus fondamental primaire est la respiration intramoléculaire, résultat de l'activité de la zymase ou de diastases analogues, qui a pour effet de décomposer les substances hydrocarbonées ; l'oxygène atmosphérique est fixé sur le chromogène par l'intermédiaire des oxydases, dont l'action se termine là ; le pigment ainsi formé est réduit par la réductase qui transporte l'oxygène sur les produits résultant de la respiration intramoléculaire, dont l'oxydation provoque finalement le dégagement d'acide carbonique et la formation d'eau.

Dans cette hypothèse, le rôle des oxydases est très restreint et ne consiste que dans la formation des pigments par l'oxydation des composés aromatiques de constitution déterminée, les chromogènes.

En résumé, deux théories se disputent actuellement l'explication des échanges gazeux respiratoires : la théorie biochimique et la théorie zymasique. La première, la plus ancienne, défendue par Maquenne, admet que « les deux actes de la fonction respiratoire gardent vis-à-vis l'un de l'autre une certaine indépendance, qui se traduit à l'extérieur par des variations incessantes et souvent considérables du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ » ; elle considère la zymase comme

une diastase de la vie anaérobie, qui n'intervient pas dans les échanges gazeux de la respiration normale. Elle attribue aux acides organiques un rôle essentiel dans la fonction respiratoire et les regarde comme « des réservoirs d'oxygène combiné qui se remplissent et se vident tour à tour suivant les circonstances qui président au développement de la plante ». La théorie zymasique ne date que de quelques années ; elle doit son nom à une enzyme, qui, présidant à la digestion des sucres, les transforme en alcool et en acide carbonique, et fonctionne indifféremment en l'absence ou en la présence d'oxygène. Une partie du gaz carbonique dégagé pendant la respiration à l'air

libre résulte de l'action de cette diastase, l'autre provient des oxydations, en particulier de l'oxydation, sinon de l'alcool, tout au moins des produits intermédiaires de la fermentation propre, oxydations par lesquelles la cellule forme les différentes substances qui entrent dans sa constitution et sont nécessaires à l'entretien de sa vitalité.

Si l'on admet la théorie zymasique, qui semble bien établie par des expériences nombreuses, il est indispensable d'étudier la respiration normale et la respiration intramoléculaire. Le quotient respiratoire a en effet perdu beaucoup de son importance depuis que l'on sait que le dégagement de l'acide carbonique n'est pas forcément lié à l'entrée de l'oxygène et qu'une partie seulement du CO^2 résulte des oxydations; il ne suffit plus pour donner une idée exacte de l'intensité des combustions intracellulaires; il est nécessaire de faire appel en outre au rapport $\frac{I}{N}$, qui, par l'indication de la mesure dans laquelle la zymase participe au dégagement de CO^2 pendant la respiration à l'air libre, pourra renseigner sur la part qui revient aux oxydations dans ce dégagement et montrera par suite la nature des combustions, si elles sont complètes ou incomplètes.

J'espère avoir mis suffisamment en évidence, par l'exposé des recherches sur la respiration anaérobie, l'importance attribuée à cette fonction dans ces dernières années, et on comprendra facilement que j'aie été amené à étudier comparativement les deux respirations, normale et intramoléculaire.

CHAPITRE II

PROCÉDÉS EXPÉRIMENTAUX

Respiration normale. — J'ai employé la méthode de l'air confiné, d'un usage fréquent en physiologie, et qui consiste à analyser, au début et à la fin de l'expérience, l'atmosphère dans laquelle ont séjourné les plantes. Je me servais d'éprouvettes jaugées une fois pour toutes, très soigneusement, jusqu'à un niveau marqué par le bord inférieur d'une étiquette; les volumes sur lesquels j'ai expérimenté variaient, suivant le

poids des organes à étudier, entre 10 et 125 centimètres cubes.

Les matériaux d'expériences sont prélevés sur une même plante, saine, bien développée, ou sur plusieurs individus vivant côte à côte, dans les mêmes conditions de milieu. Après avoir séparé la racine, un certain nombre de limbes foliaires, les pétioles et la partie de la tige correspondant à ces limbes, et dans quelques cas des vrilles, des cladodes et des phyllodes, je répartis les différents organes, d'après leur nature morphologique, en plusieurs lots, qui, après avoir été pesés séparément, sont introduits successivement à des intervalles de temps déterminés, généralement de deux en deux minutes, chacun dans une éprouvette renfermant de l'air atmosphérique normal. Chaque éprouvette est alors transportée sur la cuve à mercure : j'y fais pénétrer l'une des branches d'un tube de verre coudé en V, qui permet la communication entre l'air extérieur et l'air intérieur de l'éprouvette, dans laquelle je fais arriver le mercure jusqu'au contact de l'image du bord inférieur de l'étiquette. A ce moment, je ferme avec le doigt l'extrémité libre du tube coudé, que j'enlève, ayant isolé ainsi, dans l'éprouvette, un volume connu d'air, à la pression atmosphérique, avec un poids déterminé d'organes. L'éprouvette est retirée de la cuve à mercure à l'aide d'un petit cristalliseur sur lequel elle repose, recouverte d'un manchon de papier noir et abandonnée pendant quelques heures à la température du laboratoire. Avant d'introduire les organes dans les éprouvettes, il faut avoir soin de déposer au fond de chacune d'elles une gouttelette d'eau, de façon à saturer l'air d'humidité et à empêcher l'action toxique des vapeurs mercurielles grâce à une légère buée qui recouvre la surface du mercure. Au bout de quelques heures, je reporte chacune des éprouvettes sur la cuve à mercure dans le même ordre et aux mêmes intervalles de temps que la première fois et, après avoir brassé leur atmosphère à l'aide d'un appareil à prises de gaz, j'y prélève une petite quantité de gaz, qui, recueillie dans un tube, servira à l'analyse. Je note les températures initiale et finale du laboratoire ; la durée de chaque expérience n'ayant pas dépassé cinq heures, les cellules ont toujours à leur disposition suffisamment d'oxygène et se sont trouvées dans les conditions normales de la respiration. L'analyse des gaz est faite avec l'appareil de Bonnier et Mangin ; l'ex-

périence m'a montré qu'il était préférable d'opérer, pour mesurer l'oxygène et l'acide carbonique, sur deux volumes de gaz différents, et que les résultats obtenus de cette façon sont beaucoup plus précis. Chaque analyse, soit d'acide carbonique, soit d'oxygène, a toujours été faite deux fois au moins, et je n'ai accepté que les chiffres qui différaient de moins de 0,04 p. 100. Pour calculer la proportion en centièmes des gaz absorbés ou dégagés, il ne suffit pas de retrancher simplement les quantités de chacun des gaz analysés au début et à la fin de l'expérience, car le volume final est plus petit que le volume initial; il y a généralement plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique produit, ce qui entraîne une augmentation, apparente seulement, de l'azote; il faut rapporter les quantités de CO^2 et d'oxygène à une proportion d'azote égale à la proportion finale.

L'énergie respiratoire peut être mesurée par le volume de l'acide carbonique dégagé, ou de l'oxygène absorbé par 1 gramme de poids frais pendant 1 heure; il est préférable de la représenter par l'oxygène, car des expériences récentes montrent que le gaz carbonique peut avoir au moins une double origine; les calculs ont été d'ailleurs effectués pour les deux gaz, ce qui est très facile, connaissant la proportion en pour cent de chacun d'eux, le volume de l'atmosphère confinée, le poids de l'organe et la durée de l'expérience.

Respiration intramoléculaire. — Ici aussi j'ai utilisé la méthode de l'atmosphère confinée. Les organes destinés à l'expérience, recueillis et répartis comme précédemment, sont pesés et introduits, d'après leur nature, dans des éprouvettes entourées d'un manchon de papier noir et au fond desquelles était déposée une gouttelette d'eau. Chacune d'elles est fermée par un bouchon en caoutchouc, laissant passer deux tubes de verre coudés, munis chacun d'un tube en caoutchouc; je réunis les éprouvettes entre elles en série et j'adapte l'extrémité de l'un des caoutchoucs à un appareil à hydrogène; l'hydrogène est purifié par son passage dans deux flacons laveurs contenant chacun une solution concentrée de permanganate de potasse additionnée, la première, d'un peu d'acide sulfurique, et la deuxième d'une petite quantité de soude caustique. Le courant de gaz est assez fort pour expulser complètement, au bout

d'un quart d'heure, l'air des éprouvettes et le remplacer par de l'hydrogène pur. Je me suis assuré, en effet, par l'analyse, qu'au bout de ce temps, le gaz, qui s'échappe à l'extrémité libre de la série des éprouvettes, ne contient ni oxygène, ni acide carbonique. A ce moment, je détache de la série chaque éprouvette munie de ses deux tubes de caoutchouc, dont les extrémités libres sont fermées à l'aide d'une pince et la transporte sur la cuve à mercure ; là, après l'avoir débouchée, je ramène le volume de son atmosphère à un volume connu, indiqué par le bord inférieur de l'étiquette. Je me sers, dans ce but, d'un appareil à prises de gaz, préalablement rempli d'hydrogène pur, qui me permet d'amener le niveau du mercure au contact du bord inférieur de l'étiquette, en enlevant ou en introduisant de l'hydrogène. L'opération, qui ne dure pas plus de quatre minutes, est répétée pour chaque éprouvette, que l'on dispose ensuite comme précédemment pendant quatre à cinq heures à la température du laboratoire. Pour me permettre de calculer

le rapport $\frac{I}{N}$, c'est-à-dire de comparer l'intensité de la respiration intramoléculaire à celle de la respiration normale, je place pendant le même temps, également à l'obscurité, de deux en deux minutes, car la manipulation est plus rapide, d'autres éprouvettes renfermant un poids déterminé d'organes prélevés dans les mêmes conditions que les précédents et très comparables à ceux-ci. A la fin de l'expérience, je prélève dans chaque éprouvette, en prenant les précautions que j'ai indiquées pour la respiration normale, une petite quantité de gaz qui servira à l'analyse. Les intensités respiratoires normale (N) et intramoléculaire (I) sont représentées par le volume de CO_2 dégagé par 1 gramme de poids frais en une heure.

Il eût peut-être été plus rigoureux, dans la comparaison entre les respirations normale et intramoléculaire, de façon à écarter les différences individuelles, d'opérer sur les mêmes échantillons, autrement dit de faire respirer dans l'hydrogène, ceux qui viennent de respirer dans l'air. Mais, pour obtenir des quantités d'acide carbonique appréciables, il est nécessaire de prolonger les expériences pendant quatre ou cinq heures, et on comprend facilement qu'au bout de ce temps les organes ne se trouvent

plus dans les mêmes conditions que ceux qui viennent d'être séparés de la plante mère et ont, en particulier, épuisé une partie de leurs matières hydrocarbonées, aux dépens desquelles s'effectue surtout la respiration intramoléculaire. Il m'a donc paru préférable de soumettre, dans la plupart des expériences, simultanément, d'une part à la respiration normale, d'autre part à la fermentation propre, des organes frais, que je choisisais avec un soin tout particulier de façon à expérimenter sur des éléments aussi identiques que possible. D'ailleurs les valeurs de $\frac{1}{N}$ étant toujours de même ordre, il semble que les différences individuelles, si elles existent, entre les organes soumis à l'expérience, doivent être assez faibles pour ne pas changer le sens des résultats.

ERREURS D'EXPÉRIENCES

Les erreurs d'expériences peuvent porter sur les mesures du volume initial et du volume final de l'atmosphère confinée, sur le poids des organes, sur l'évaluation de la durée de l'expérience, et enfin sur les analyses de gaz. MAIGE, dans ses recherches sur la respiration de la fleur, a calculé ces différentes erreurs pour l'intensité respiratoire et montré que l'erreur relative totale est généralement inférieure à 2 p. 100 et n'a pas d'influence sensible sur la marche des résultats. Dans la plupart des cas le chiffre des centièmes est calculé à une ou deux unités près. Il ne faut pas négliger, dans la mesure du volume initial de l'atmosphère confinée, le poids des organes mis en expérience; on admet généralement que la densité des tissus végétaux est sensiblement égale à l'unité, ce qui permet de représenter leur volume par leur poids; il suffit alors de retrancher celui-ci du volume jaugé à l'avance pour avoir le volume suffisamment exact de l'atmosphère où respireront les plantes.

Dans les recherches sur les échanges gazeux, par suite de la difficulté que l'on éprouve à disposer rigoureusement sur le végétal même les appareils destinés à recevoir les objets soumis à l'expérience, on a expérimenté très souvent sur des organes détachés de la plante mère. Ceux-ci ne se trouvent plus dans les

conditions naturelles et ont subi particulièrement une mutilation qui influe peut-être sur leur respiration.

Différents auteurs se sont préoccupés de cette question. GARREAU observe déjà, en 1851, en ce qui concerne le dégagement de CO^2 , la similitude des résultats fournis par des feuilles détachées de la plante et par celles qui y restent fixées.

BONNIER et MANGIN admettent que la respiration des organes (feuilles et rameaux) n'est pas troublée pendant les premières heures qui suivent le sectionnement.

BÖHM, dans ses expériences sur des tubercules de pomme de terre, pelés et coupés en morceaux, constate un accroissement dans le dégagement de l'acide carbonique à l'air libre, tandis que la respiration intramoléculaire est indépendante du traumatisme.

STICH attribue cette augmentation de l'activité respiratoire à la multiplication des surfaces respiratoires, ou à une excitabilité, provoquée dans les tissus par les blessures et occasionnant l'apparition de processus nouveaux. C'est ici qu'interviendrait sans doute le « Reizkohlenäure » de Palladine. Stich a constaté que les blessures occasionnent une diminution du quotient respiratoire, ce qui indique une absorption d'oxygène plus grande que le dégagement de CO^2 .

RICHARDS a bien observé, comme les auteurs précédents, que toutes les plantes blessées réagissent, à un degré différent, en augmentant leur intensité respiratoire, augmentation surtout très sensible dans les organes à tissus massifs, comme les bulbes, les tubercules, mais n'admet pas l'abaissement de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ à la suite du traumatisme. Stich et Richards, dans le calcul du quotient respiratoire, n'ont pas tenu compte du changement de volume, de la contraction légère du volume final, en un mot n'ont pas rapporté l'acide carbonique et l'oxygène à l'azote final ; par suite les chiffres obtenus ne sont pas exacts.

KOSINSKI montre que l'*Aspergillus niger*, sous l'influence d'une forte excitation, par exemple quand on le découpe en morceaux, présente une élévation de l'énergie respiratoire, mais reste insensible à de légers traumatismes.

L'augmentation de l'activité respiratoire coïnciderait avec la

formation de nouvelles quantités de substances protéiques sous l'action des blessures, comme l'ont observé Hettlinger, Zaleski, Kowchhoff; pour ce dernier auteur l'apparition de ces substances n'a lieu qu'en présence de l'oxygène.

SMIRNOFF, en coupant en morceaux des bulbes d'*Allium Cepa*, constate que le sectionnement des tissus augmente l'intensité respiratoire normale, mais reste sans effet sur la respiration intramoléculaire; il n'y a pas, pour lui, de liaison bien étroite entre l'augmentation de la respiration et celle des matières protéiques non digestibles.

DOROFÉJEW a recherché s'il existait une relation entre l'augmentation dans le dégagement de CO^2 par des feuilles blessées et leur teneur en hydrates de carbone. Il s'est servi dans ses expériences exclusivement de feuilles de Légumineuses, qu'il abandonnait plus ou moins longtemps dans un lieu obscur, le pétiole dans l'eau, de façon à réduire plus ou moins complètement la quantité de leurs substances hydrocarbonées. L'iode lui indiquait si les feuilles, à la fin de leur séjour à l'obscurité, renfermaient encore de l'amidon. Puis des feuilles entières et des feuilles découpées en tranches de 2,5 à 3 millimètres de largeur étaient soumises simultanément à la respiration normale dans deux appareils de Pettenkoffer. L'auteur a constaté que l'augmentation dans le dégagement de CO^2 , provoquée par le sectionnement, dépend de la quantité de substances hydrocarbonées que renferment les feuilles: si celles-ci contiennent beaucoup d'hydrates de carbone, les blessures accroissent peu la production de l'acide carbonique, si, au contraire, elles sont très pauvres en matière hydrocarbonées, il y a augmentation dans le dégagement de CO^2 .

MAXIMOW étudie les variations du quotient respiratoire avec des bulbes d'*Allium Cepa* et des tubercules de *Solanum tuberosum* qu'il coupe en morceaux. Ces organes, surtout les tubercules de pomme de terre, accumulent dans leurs tissus le gaz carbonique et ont un quotient respiratoire assez faible. Aussitôt après le sectionnement $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ augmente, il y a une grande quantité de CO^2 dégagé sans absorption correspondante d'oxygène; c'est un phénomène purement physique, dû à la grande surface

offerte à la sortie de l'acide carbonique et à la présence de ce gaz dans les cellules. Puis, le dégagement de CO^2 diminue en même temps que $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ qui finit par reprendre sa valeur primitive à mesure que les cellules se cicatrisent.

STOKLASA n'a pas observé d'accroissement dans le dégagement de CO^2 consécutif au traumatisme.

M^{lle} KRASNOSSELSKY a constaté que le suc exprimé, par la méthode de Büchner, de bulbes d'*Allium Cepa*, coupés en morceaux, dégageait plus de CO^2 que celui que l'on extrait de bulbes entiers; le traumatisme provoquerait la formation de nouvelles quantités d'enzymes.

MAIGE compare les intensités respiratoires de deux inflorescences, prises au même état de développement; l'une d'elles, entière, est coupée à sa base par une seule section; dans l'autre, les fleurs sont séparées des pédoncules floraux, il y a par suite autant de sections que de fleurs. Maige n'a observé que des différences insensibles, attribuables, non pas surtout aux blessures, mais plutôt à la différence des énergies respiratoires de la fleur et de son pédoncule.

Il semble se dégager de ces différentes expériences que, chez les organes massifs, tels que les bulbes et les tubercules, le traumatisme qui résulte du sectionnement de ces organes en nombreux morceaux, développant ainsi considérablement les surfaces respiratoires, provoque une augmentation dans le dégagement de CO^2 (seulement en présence de l'air), et une variation du quotient respiratoire, qu'au contraire les blessures légères, telles que la section d'un pétiole, d'une tige, n'ont pas d'effet sur la production de l'acide carbonique. Les tissus sur lesquels j'ai expérimenté renferment toujours des quantités d'hydrates de carbone assez appréciables et ne présentent que des sections légères; on peut admettre, dans ces conditions, que le traumatisme n'influence pas sensiblement leur respiration.

Avant de terminer ce chapitre, il m'a paru indispensable de dire quelques mots d'un travail récemment publié, dont certaines conclusions modifieraient complètement les idées actuellement admises sur les relations qui existent entre la lumière et l'assimilation chlorophyllienne. Tout échange gazeux entre

une plante verte, à la lumière, et l'air extérieur est la résultante de deux phénomènes inverses, la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ; le rapport $\frac{O}{CO^2}$ exprime la somme de ces deux

fonctions. On croyait jusqu'à présent qu'un végétal, pourvu de chlorophylle, transporté de la lumière à l'obscurité, cessait immédiatement d'absorber CO^2 et de dégager de l'oxygène, en un mot d'assimiler le carbone, pour respirer exclusivement. KIMPFILIN, l'auteur de l'ouvrage en question, considère l'assimilation chlorophyllienne comme un phénomène d'induction et prétend qu'elle se poursuit dans l'obscurité pendant quelque temps après que la lumière a cessé d'agir. Il est arrivé à cette conclusion en calculant les variations du rapport $\frac{O}{CO^2}$ (entre

l'oxygène et l'acide carbonique de l'air de la cloche) sur des plantes placées sous une cloche, exposée d'abord aux rayons directs du soleil et recouverte ensuite de voiles noirs qui arrêtaient la lumière. La croissance de ce rapport indiquerait un régime assimilatoire, sa décroissance, au contraire, montre une tendance à l'établissement d'un régime respiratoire. Avec l'*Arundo Donax*, Kimpflin a observé une diminution de l'acide carbonique et une augmentation de l'oxygène de l'atmosphère de la cloche trois heures après le passage de la lumière à l'obscurité ; il y a donc bien ici prédominance de la fonction chlorophyllienne. Par exemple, CO^2 qui, dans l'atmosphère de la cloche, à la lumière, était égal à 1,4 p. 100, est tombé au bout de trois heures à l'obscurité à 0,1 p. 100, tandis que l'oxygène s'est accru de 18,2 à 20,7 p. 100.

Si ces résultats sont exacts, la plupart des travaux sur la respiration des plantes vertes sont à recommencer ; mes expériences, en particulier, seraient gravement compromises, et il était de toute nécessité de vérifier si, dans les conditions où elles ont été faites, l'action rémanente de la lumière s'exerçait.

Dans ce but, j'ai fait trois expériences conduites de la manière suivante : une feuille, coupée à huit heures du matin, est placée immédiatement à l'obscurité dans les conditions indiquées précédemment. Plusieurs prises de gaz sont faites dans l'éprouvette à des intervalles d'une demi-heure ou d'une heure ; après

chaque prise, je retire, en évitant de l'exposer à la lumière, la feuille de l'éprouvette ; je remplis celle-ci d'air atmosphérique normal et la reporte à l'obscurité après y avoir replacé la feuille. CO^2 et O représentent les proportions en centièmes d'acide carbonique et d'oxygène contenus dans l'atmosphère où ont respiré les feuilles. L'analyse de l'air au début de chaque expérience a donné :

$$\begin{aligned}\text{CO}^2 &= 0 \\ \text{O} &= 20,76 \\ \text{Az} &= 79,24\end{aligned}$$

Bryonia dioica Jacq.

1 ^{re} prise (après 1/2 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 1,28$ O = 19,11
2 ^e — (après 1/2 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 1,28$ O = 18,89
3 ^e — (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 1,82$ O = 18,14
4 ^e — (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 1,91$ O = 18,09

Smyrniun Olusatrum L.

1 ^{re} prise (après 1/2 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 0,81$ O = 19,70
2 ^e — (après 1/2 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 0,81$ O = 19,70
3 ^e — (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 1,41$ O = 19,06
4 ^e — (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 1,43$ O = 19,09

Borrugo officinalis L.

1 ^{re} prise (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 0,83$ O = 19,68
2 ^e — (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 0,80$ O = 19,72
3 ^e — (après 1 heure).....	{ $\text{CO}^2 = 0,74$ O = 19,78

On voit immédiatement d'après ces chiffres que la fonction chlorophyllienne cesse dès que les feuilles sont soustraites à l'action de la lumière. Même après une demi-heure de séjour à l'obscurité, l'atmosphère des éprouvettes renferme des quantités appréciables d'acide carbonique, qui ne peut provenir que de la

respiration, puisque l'air initial n'en contient pas. Or, si l'assimilation chlorophyllienne s'exerçait, elle absorberait CO^2 au fur et à mesure de sa production et l'analyse n'en indiquerait pas. La diminution de l'oxygène dans l'atmosphère de la cloche montre bien aussi qu'ici l'assimilation chlorophyllienne cesse en même temps que la cause qui la produit.

Il ne m'appartient pas ici de rechercher si dans les expériences de Kimpflin cette fonction a continué à s'exercer pendant plusieurs heures en l'absence de la lumière, ou quelles peuvent être les causes d'erreurs, en particulier les températures élevées qui devaient exister dans ses appareils, qui ont amené l'auteur à formuler cette conclusion; il faudrait, pour cela, recommencer les expériences, en se plaçant dans les mêmes conditions; ceci sort du cadre de mes recherches, il me suffit de savoir que, dans les conditions où je me suis placé, la respiration seule entre en jeu à l'obscurité.

CHAPITRE III

RESPIRATION NORMALE

Ce chapitre est consacré à l'étude comparée de la respiration dans l'air des différents organes végétatifs (racine, limbe, pétiole, tige, phyllode, cladode, vrille). Je représente par p le poids frais, exprimé en grammes, des organes soumis à l'expérience, par v le volume initial en centimètres cubes, jaugé à l'avance, de l'atmosphère confinée, par t la température, et par d la durée de l'expérience en heures.

Thrincia tuberosa DC.

Air atmosphérique	$\text{CO}^2 = 0$	$\text{O} = 20,80$	$\text{Az} = 79,20$
3 limbes cueillis sur le même pied, avant l'apparition des fleurs.			
$p = 4,350$	$v = 45$	$t^{\circ} = 15$	$d = 4$
Volume initial.....	343,5	CO^2 gramme heure = 0,088	
Vol. après abs. par KOH.....	330,4		
CO^2	13,1	O gramme heure = 0,118.	
CO^2 p. 100.....	3,81		
Volume initial.....	325,2		
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	260,9		
$\text{CO}^2 + \text{O}$	64,3		

$\text{CO}^2 + \text{O p. 100} \dots\dots\dots$	49,77	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,74.$
$\text{O absorbé p. 100} \dots\dots\dots$	5,11	
5 racines tuberculeuses, prises sur le même pied.		
$p = 2,216$	$v = 45$	$t^o = 15$
		$d = 4$
Volume initial.....	365,2	
Vol. après abs. par KOH.....	362,0	$\text{CO}^2 \text{ gramme heure} = 0,041.$
$\text{CO}^2 \dots\dots\dots$	3,2	
$\text{CO}^2 \text{ p. 100} \dots\dots\dots$	0,87	
Volume initial.....	336,0	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	266,5	$\text{O gramme heure} = 0,048.$
$\text{CO}^2 + \text{O} \dots\dots\dots$	69,5	
$\text{CO}^2 + \text{O p. 100} \dots\dots\dots$	20,68	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,85.$
$\text{O absorbé p. 100} \dots\dots\dots$	1,00	

Oxalis cernua Thunbg.

Espèce charnue, sans tige aérienne, à rhizomes assez longs.

Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$ $\text{O} = 20,80$ $\text{Az} = 79,20$

3 limbes situés côte à côte cueillis pendant la floraison.

$p = 0,7695$	$v = 25$	$t^o = 15$	1 2	$d = 4$
Volume initial.....	364,5			
Vol. après abs. par KOH.....	360,0	$\text{CO}^2 \text{ gramme heure} = 0,085.$		
$\text{CO}^2 \dots\dots\dots$	4,5			
$\text{CO}^2 \text{ p. 100} \dots\dots\dots$	1,09			
Volume initial.....	362,9			
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	287,5	$\text{O gramme heure} = 0,088.$		
$\text{CO}^2 + \text{O} \dots\dots\dots$	75,4			
$\text{CO}^2 + \text{O p. 100} \dots\dots\dots$	20,77	$\frac{\text{CO}}{\text{O}} = 0,96.$		
$\text{O absorbé p. 100} \dots\dots\dots$	1,13			

3 pétioles allongés, correspondant aux limbes mis en expérience.

$p = 1,501$	$v = 25$	$t^o = 15$	1 2	$d = 4$
Volume initial.....	349,8			
Vol. après abs. par KOH.....	343,0	$\text{CO}^2 \text{ gramme heure} = 0,075.$		
$\text{CO}^2 \dots\dots\dots$	6,8			
$\text{CO}^2 \text{ p. 100} \dots\dots\dots$	1,94			
Volume initial.....	336,9			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	264,9	$\text{O gramme heure} = 0,047.$		
$\text{CO}^2 + \text{O} \dots\dots\dots$	72,0			
$\text{CO}^2 + \text{O p. 100} \dots\dots\dots$	21,37	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1,57.$		
$\text{O absorbé p. 100} \dots\dots\dots$	1,23			

Rhizome appartenant au même individu que les feuilles.

$p = 1,522$	$v = 25$	$t^o = 15$	1/2	$d = 4$
Volume initial.....	337,3			
Vol. après abs. par KOH.....	332,9	$\text{CO}^2 \text{ gramme heure} = 0,050.$		
$\text{CO}^2 \dots\dots\dots$	4,4			
$\text{CO}^2 \text{ p. 100} \dots\dots\dots$	1,30			

Volume initial.....	361,6	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.....	285,8	O gramme heure = 0,043.
CO ² + O.....	75,8	
CO ² + O p. 100.....	20,96	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1,18.$
O absorbé p. 100.....	1,10	

Oxalis corniculata L.

Espèce à tiges couchées et à feuilles pourvues de courts pétioles.

Air atmosphérique CO² = 0 O = 20,80 Az = 79,20

5 limbes cueillis sur le même pied en fleurs.

$p = 0,362$	$v = 10$	$t^0 = 15-15 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	349,1		
Vol. après abs. par KOH.....	338,2	CO ² gramme heure = 0,207.	
CO ²	10,9		
CO ² p. 100.....	3,12		
Volume initial.....	356,3		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	283,8	O gramme heure = 0,246.	
CO ² + O.....	72,5		
CO ² + O p. 100.....	20,34	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,84.$	
O absorbé p. 100.....	3,70		

5 pétioles correspondant aux limbes précédents.

$p = 0,123$	$v = 10$	$t^0 = 15-15 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	397,9		
Vol. après abs. par KOH.....	395,0	CO ² gramme heure = 0,146.	
CO ²	2,9		
CO ² p. 100.....	0,73		
Volume initial.....	362,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	287,0	O gramme heure = 0,156.	
CO ² + O.....	75,2		
CO ² + O p. 100.....	20,76	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,93.$	
O absorbé p. 100.....	0,78		

Tige. — J'ai prélevé sur la plante, la partie de la tige qui supporte les feuilles mises en expérience.

$p = 0,469$	$v = 10$	$t^0 = 15-15 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	360,9		
Vol. après abs. par KOH.....	349,9	CO ² gramme heure = 0,154.	
CO ²	11,0		
CO ² p. 100.....	3,04		
Volume initial.....	353,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	280,2	O gramme heure = 0,159.	
CO ² + O.....	73,3		
CO ² + O p. 100.....	20,73	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,97.$	
O absorbé p. 100.....	3,12		

Racines très minces, filamenteuses.

$p = 0,170$	$v = 10$	$t^0 = 15-15 \frac{1}{2}$	$d = 4$
-------------	----------	---------------------------	---------

Volume initial.....	360,5	
Vol. après abs. par KOH.....	356,8	CO ² gramme heure = 0,147.
CO ²	3,7	
CO ² p. 100.....	1,02	
Volume initial.....	370,1	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.....	293,1	O gramme heure = 0,147.
CO ² + O.....	77,0	
CO ² + O p. 100.....	20,80	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1.$
O absorbé p. 100.....	1,02	

Mesembryanthemum nodiflorum L.Air atmosphérique CO² = O O = 20,80 Az = 79,20

6 feuilles, sessiles, situées côte à côte, très charnues, cueillies avant l'apparition des fleurs.

$p = 10,762$	$v = 125$	$t^0 = 15 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	370,3		
Vol. après abs. par KOH.....	365,9	CO ² gramme heure = 0,031.	
CO ²	4,4		
CO ² p. 100.....	1,18		
Volume initial.....	315,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	250,1	O. gramme heure = 0,036.	
CO ² + O.....	65,1		
CO ² + O p. 100.....	20,65	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,86.$	
O absorbé p. 100.....	1,36		

Tige rampante, peu charnue.

$p = 8,186$	$v = 125$	$t^0 = 15 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	358,9		
Vol. après abs. par KOH.....	354,9	CO ² gramme heure = 0,039.	
CO ²	4,0		
CO ² p. 100.....	1,11		
Volume initial.....	342,6		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	271,3	O gramme heure = 0,039.	
CO ² + O.....	71,3		
CO ² + O p. 100.....	20,81	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1,00.$	
O absorbé p. 100.....	1,40		

Rumex Acetosa L. (ne portant pas encore de fleurs).Air atmosphérique CO² = O O = 20,80 Az = 79,20

4 limbes.

$p = 5,700$	$v = 45$	$t^0 = 17 \frac{1}{2}$	$d = 2$
Volume initial.....	386,0		
Vol. après abs. par KOH.....	361,7	CO ² gramme heure = 0,216.	
CO ²	24,3		
CO ² p. 100.....	6,29		
Volume initial.....	380,1		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	306,8	O gramme heure = 0,282.	
CO ² + O.....	73,3		

CO ² + O p. 100.....	19,28	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,76.$
O absorbé p. 100.....	8,20	
4 pétioles correspondant aux limbes précédents.		
$p = 3,168$	$v = 25$	$t^0 = 17 \frac{1}{2}$ $d = 2$
Volume initial.....	409,8	
Vol. après abs. par KOH.....	396,1	CO ² gramme heure = 0,115.
CO ²	13,7	
CO ² p. 100.....	3,34	
Volume initial.....	379,1	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	301,6	O gramme heure = 0,130.
CO ² + O.....	77,5	
CO ² + O p. 100.....	20,44	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,88.$
O absorbé p. 100.....	3,79	

Oxalis stricta L. (portant des fruits).

Air atmosphérique	CO ² = O	O = 20,80	Az = 79,20
12 limbes.			
$p = 0,745$	$v = 15$	$t^0 = 17$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	388,7		
Vol. après abs. par KOH.....	379,1	CO ² gramme heure = 0,189.	
CO ²	9,6		
CO ² p. 100.....	2,47		
Volume initial.....	386,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	307,3	O gramme heure = 0,219.	
CO ² + O.....	79,2		
CO ² + O p. 100.....	20,49	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,86.$	
O absorbé p. 100.....	2,86		
12 pétioles détachés des limbes précédents.			
$p = 0,230$	$v = 10$	$t^0 = 17$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	387,3		
Vol. après abs. par KOH.....	384,0	CO ² gramme heure = 0,144.	
CO ²	3,3		
CO ² p. 100.....	0,85		
Volume initial.....	388,7		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	307,7	O gramme heure = 0,138.	
CO ² + O.....	81,0		
CO ² + O p. 100.....	20,83	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1,03.$	
O absorbé p. 100.....	0,82		
Tige.			
$p = 0,560$	$v = 10$	$t^0 = 17$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	403,0		
Vol. après abs. par KOH.....	394,7	CO ² gramme heure = 0,138.	
CO ²	8,3		
CO ² p. 100.....	2,05		
Volume initial.....	395,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	313,6	O gramme heure = 0,139.	
CO ² + O.....	82,3		

CO ² + O p. 100.....	20,78	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,99.$
O absorbé p. 100.....	2,07	

Mercurialis annua L.

Air atmosphérique		CO ² = 0	O = 20,80	Az = 79,20
8 limbes prélevés sur le même pied en fleurs.				
	p = 5,700	v = 45	t° = 15 1/2	d = 4
Volume initial.....		388,4		
Vol. après abs. par KOH.....		364,9		CO ² gramme heure = 0,102.
CO ²		23,2		
CO ² p. 100.....		5,97		
Volume initial.....		345,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		279,3		O gramme heure = 0,138.
CO ² + O.....		65,9		
CO ² + O p. 100.....		19,09		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,73.$
O absorbé p. 100.....		8,11		
8 pétioles correspondant aux limbes précédents.				
	p = 4,215	v = 25	t° = 15 1/2	d = 4
Volume initial.....		343,3		
Vol. après abs. par KOH.....		337,2		CO ² gramme heure = 0,086.
CO ²		6,1		
CO ² p. 100.....		1,77		
Volume initial.....		280,6		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		222,3		O gramme heure = 0,088.
CO ² + O.....		58,3		
CO ² + O p. 100.....		20,77		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,97.$
O absorbé p. 100.....		1,81		
<i>Tige.</i>				
	p = 7,700	v = 125	t° = 15 1/2	d = 4
Volume initial.....		307,1		
Vol. après abs. par KOH.....		302,5		CO ² gramme heure = 0,056.
CO ²		4,6		
CO ² p. 100.....		1,49		
Volume initial.....		301,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		239,3		O gramme heure = 0,068.
CO ² + O.....		61,9		
CO ² + O p. 100.....		20,55		$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,82.$
O absorbé p. 100.....		1,80		
<i>Racine.</i>				
	p = 5,07	v = 45	t° = 15 1/2	d = 4
Volume initial.....		323,7		
Vol. après abs. par KOH.....		307,9		CO ² gramme heure = 0,047.
CO ²		15,8		
CO ² p. 100.....		4,88		
Volume initial.....		333,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		266,5		O gramme heure = 0,057.
CO ² + O.....		67,0		

CO ² + O p. 100.....	20,08	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,84.$
O absorbé p. 100.....	5,78	

Polygonum Persicaria L.

Air atmosphérique	CO ² = O	O = 20,80	Az = 79,20
8 limbes coupés pendant la floraison.			
	$p = 3,152$	$v = 45$	$t^0 = 16$ $d = 2$
Volume initial.....	394,3		
Vol. après abs. par KOH.....	383,8	CO ² gramme heure = 0,176.	
CO ²	10,5		
CO ² p. 100.....	2,66		
Volume initial.....	398,3		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	318,1	O gramme heure = 0,241.	
CO ² + O.....	80,2		
CO ² + O p. 100.....	20,13	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,73.$	
O absorbé p. 100.....	3,50		
Tige, partie correspondant aux limbes mis en expérience.			
	$p = 2,265$	$v = 25$	$t^0 = 16$ $d = 2$
Volume initial.....	409,3		
Vol. après abs. par KOH.....	403,6	CO ² gramme heure = 0,069.	
CO ²	5,7		
CO ² p. 100.....	1,39		
Volume initial.....	401,4		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	318,8	O gramme heure = 0,084.	
CO ² + O.....	82,6		
CO ² + O p. 100.....	20,57	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,82.$	
O absorbé p. 100.....	1,68		

Fumaria capreolata L.

Air atmosphérique	CO ² = O	O = 20,80	Az = 79,20
16 limbes, recueillis pendant la floraison sur 4 pieds poussant côte à côte.			
	$p = 1,595$	$v = 25$	$t^0 = 15 \frac{1}{2}$ $d = 4$
Volume initial.....	353,5		
Vol. après abs. par KOH.....	332,9	CO ² gramme heure = 0,213.	
CO ²	20,6		
CO ² p. 100.....	5,82		
Volume initial.....	321,3		
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	256,2	O gramme heure = 0,239.	
CO ² + O.....	65,1		
CO ² + O p. 100.....	20,26	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,89.$	
O absorbé p. 100.....	6,50		
16 pétioles correspondant aux limbes précédents.			
	$p = 0,336$	$v = 10$	$t^0 = 15 \frac{1}{2}$ $d = 4$
Volume initial.....	327,0		
Vol. après abs. par KOH.....	319,5	CO ² gramme heure = 0,164.	
CO ²	7,5		

CO ² p. 100.....	2,29	
Volume initial.....	317,5	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	251,4	O gramme heure = 0,164.
CO ² + O	66,1	
CO ² + O p. 100.....	20,81	$\frac{CO^2}{O} = 1,00.$
O absorbé p. 100.....	2,28	
<i>Tige</i> , 4 fragments prélevés sur chacun des pieds qui a fourni les feuilles.		
<i>p</i> = 4,100	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 15 1/2 <i>d</i> = 4
Volume initial.....	378,2	
Vol. après abs. par KOH.....	364,7	CO ² gramme heure = 0,088.
CO ²	13,5	
CO ² p. 100.....	3,56	
Volume initial.....	303,2	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	242,8	O gramme heure = 0,100.
CO ² + O.....	62,4	
CO ² + O p. 100.....	20,44	$\frac{CO^2}{O} = 0,88.$
O absorbé.....	4,01	
<i>4 racines</i> appartenant aux individus qui ont fourni les feuilles et la tige.		
<i>p</i> = 1,455	<i>v</i> = 25	<i>t</i> ^o = 15 1/2 <i>d</i> = 4
Volume initial.....	364,0	
Vol. après abs. par KOH.....	355,2	CO ² gramme heure = 0,097.
CO ²	8,8	
CO ² p. 100.....	2,41	
Volume initial.....	293,3	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	232,9	O gramme heure = 0,107.
CO ² + O	60,4	
CO ² + O p. 100.....	20,59	$\frac{CO^2}{O} = 0,90.$
O absorbé p. 100.....	2,67	

Geranium Robertianum L.

Air atmosphérique CO ² = 0 O = 20,80 Az = 79,20			
6 <i>limbes</i> pris sur la même plante, avant l'apparition des fleurs.			
<i>p</i> = 4,772	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 18	<i>d</i> = 4 1/2
Volume initial.....	373,1		
Vol. après abs. par KOH.....	345,3	CO ² gramme heure = 0,139.	
CO ²	27,8		
CO ² p. 100.....	7,45		
Volume initial.....	323,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	263,2	O gramme heure = 0,193.	
CO ² + O	60,0		
CO ² + O p. 100.....	18,56	$\frac{CO^2}{O} = 0,72.$	
O absorbé p. 100.....	10,27		
6 <i>pétioles</i> détachés des limbes précédents.			
<i>p</i> = 4,680	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 18	<i>d</i> = 4 1/2

Volume initial.....	357,7	
Vol. après abs. par KOH.....	349,4	CO ² gramme heure = 0,044.
CO ²	8,3	
CO ² p. 100.....	2,32	
Volume initial.....	349,1	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	277,1	O gramme heure = 0,048.
CO ² + O.....	72,0	
CO ² + O p. 100.....	20,62	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,91.$
O absorbé p. 100.....	2,54	

Tige.

$p = 7,950$	$v = 125$	$t^o = 18$	$d = 4 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	325,9		
Vol. après abs. par KOH.....	319,4	CO ² gramme heure = 0,065.	
CO ²	6,5		
CO ² p. 100.....	1,99		
Volume initial.....	350,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	278,2	O gramme heure = 0,068.	
CO ² + O.....	72,7		
CO ² + O p. 100.....	20,71	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,94.$	
O absorbé p. 100.....	2,10		

Racine.

$p = 4,480$	$v = 45$	$t^o = 18$	$d = 4 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	361,7		
Vol. après abs. par KOH.....	343,0	CO ² gramme heure = 0,103.	
CO ²	18,7		
CO ² p. 100.....	5,17		
Volume initial.....	339,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	270,9	O gramme heure = 0,120.	
CO ² + O.....	68,3		
CO ² + O p. 100.....	20,13	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,86.$	
O absorbé p. 100.....	6,01		

Urtica membranacea Poir.Air atmosphérique CO² = O O = 20,80 Az = 79,20

6 limbes recueillis sur le même pied, avant l'apparition des fleurs.

$p = 4,590$	$v = 45$	$t^o = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	329,5		
Vol. après abs. par KOH.....	313,2	CO ² gramme heure = 0,108.	
CO ²	16,3		
CO ² p. 100.....	4,94		
Volume initial.....	382,6		
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	309,5	O gramme heure = 0,156.	
CO ² + O.....	73,1		
CO ² + O p. 100.....	19,10	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,69.$	
O absorbé p. 100.....	7,07		

6 *pétioles*.

	$p = 1,64$	$v = 25$	$t^o = 18$	$d = 4$
Volume initial.....		355,5		
Vol. après abs. par KOH.....		348,6	CO ² gramme heure = 0,069	
CO ²		6,9		
CO ² p. 100.....		1,94		
Volume initial.....		345,7		
Vol. après abs. par pyrog. KOH.		274,7	O gramme heure = 0,081.	
CO ² + O.....		71,0		
CO ² + O p. 100.....		20,53	$\frac{CO^2}{O} = 0,85.$	
O absorbé p. 100.....		2,28		

Tige.

	$p = 10,560$	$v = 125$	$t^o = 18$	$d = 4$
Volume initial.....		389,2		
Vol. après abs. par KOH.....		376,4	CO ² gramme heure = 0,088.	
CO ²		12,8		
CO ² p. 100.....		3,28		
Volume initial.....		333,4		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		265,1	O gramme heure = 0,100.	
CO ² + O.....		68,3		
CO ² + O p. 100.....		20,48	$\frac{CO^2}{O} = 0,88.$	
O absorbé p. 100.....		3,68		

Racine.

	$p = 13,440$	$v = 125$	$t^o = 18$	$d = 4$
Volume initial.....		364,1		
Vol. après abs. par KOH.....		355,8	CO ² gramme heure = 0,047.	
CO ²		8,3		
CO ² p. 100.....		2,28		
Volume initial.....		357,4		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		284,1	O gramme heure = 0,054.	
CO ² + O.....		73,3		
CO ² + O p. 100.....		20,50	$\frac{CO^2}{O} = 0,86.$	
O absorbé p. 100.....		2,65		

Malva parviflora L.Air atmosphérique CO² = 0,19 O = 20,61 Az = 79,20.6 *limbes*, cueillis avant l'apparition des fleurs sur deux pieds situés à côté l'un de l'autre.

	$p = 3,357$	$v = 45$	$t^o = 18$	$d = 4$
Volume initial.....		343,1		
Vol. après abs. par KOH.....		307,1	CO ² gramme heure = 0,319.	
CO ²		36,0		
CO ² dégagé p. 100.....		10,30		
Volume initial.....		303,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		245,0	O gramme heure = 0,377.	
CO ² + O.....		58,0		
CO ² + O p. 100.....		19,14	$\frac{CO^2}{O} = 0,84.$	

O absorbé p. 100..... 12,18

6 pétioles.

$p=2,62$	$v=45$	$t^{\circ}=18$	$d=4$
Volume initial.....	368,4		
Vol. après abs. par KOH.....	360,4	CO ² gramme heure = 0,081.	
CO ²	8,0		
CO ² dégagé p. 100.....	1,98		
Volume initial.....	316,1		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	251,0	O gramme heure = 0,084.	
CO ² + O.....	65,1		
CO ² + O p. 100.....	20,59	$\frac{CO^2}{O}=0,97.$	
O absorbé p. 100.....	2,04		

Tige, 2 fragments prélevés sur chacun des pieds qui a fourni les feuilles.

$p=5,132$	$v=45$	$t^{\circ}=18$	$d=4$
Volume initial.....	332,9		
Vol. après abs. par KOH.....	315,6	CO ² gramme heure = 0,097.	
CO ²	17,3		
CO ² dégagé p. 100.....	5,00		
Volume initial.....	335,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	268,7	O gramme heure = 0,114.	
CO ² + O.....	67,1		
CO ² + O p. 100.....	19,98	$\frac{CO^2}{O}=0,85.$	
O absorbé p. 100.....	5,84		

2 racines appartenant aux deux individus précédents.

$p=3,980$	$v=45$	$t^{\circ}=18$	$d=4$
Volume initial.....	332,5		
Vol. après abs. par KOH.....	320,9	CO ² gramme heure = 0,084.	
CO ²	11,6		
CO ² dégagé p. 100.....	3,29		
Volume initial.....	363,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	291,9	O gramme heure = 0,101.	
CO ² + O.....	73,6		
CO ² + O p. 100.....	20,13	$\frac{CO^2}{O}=0,83.$	
O absorbé p. 100.....	3,94		

Spiræa opulifolia L.

Air atmosphérique CO² = 0 O = 20,80 Az = 79,20

4 limbes, pris à environ 1 mètre du sommet de 2 rameaux voisins.

$p=3,388$	$v=45$	$t^{\circ}=17$	$d=2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	366,8		
Vol. après abs. par KOH.....	352,7	CO ² gramme heure = 0,160.	
CO ²	14,1		
CO ² p. 100.....	3,84		
Volume initial.....	382,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	307,0	O gramme heure = 0,246.	
CO ² + O.....	75,5		

CO ² + O p. 100.....	49,73	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,65.$
O absorbé p. 100.....	5,90	
<i>4 pétioles.</i>		
$p = 0,348$ $v = 10$ $t^0 = 17$ $d = 2\ 1/2$		
Volume initial.....	402,9	
Vol. après abs. par KOH.....	398,7	CO ² gramme heure = 0,115.
CO ²	4,2	
CO ² p. 100.....	1,04	
Volume initial.....	425,3	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.....	338,2	O gramme heure = 0,161.
CO ² + O.....	87,1	
CO ² + O p. 100.....	20,47	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,71.$
O absorbé p. 100.....	1,45	

Bryonia dioica Jacq.

Air atmosphérique	CO ² = 0,20	O = 20,60	Az = 79,20
<i>8 limbes prélevés sur la même plante, avant l'apparition des fleurs.</i>			
$p = 5,115$ $v = 45$ $t^0 = 17\ 1/2$ $d = 4$			
Volume initial.....	343,0		
Vol. après abs. par KOH.....	319,0	CO ² gramme heure = 0,132.	
CO ²	24,0		
CO ² dégagé p. 100.....	6,79		
Volume initial.....	346,3		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	284,7	O gramme heure = 0,203.	
CO ² + O.....	61,6		
CO ² + O p. 100.....	17,78	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,65.$	
O absorbé p. 100.....	10,39		
<i>8 pétioles.</i>			
$p = 0,905$ $v = 15$ $t^0 = 17\ 1/2$ $d = 4$			
Volume initial.....	360,9		
Vol. après abs. par KOH.....	351,2	CO ² gramme heure = 0,094.	
CO ²	9,7		
CO ² dégagé p. 100..	2,48		
Volume initial.....	254,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	202,4	O gramme heure = 0,108.	
CO ² + O.....	51,8		
CO ² + O p. 100.....	20,37	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,87.$	
O absorbé p. 100.....	2,82		
<i>8 vrilles.</i>			
$p = 0,741$ $v = 15$ $t^0 = 17\ 1/2$ $d = 4$			
Volume initial.....	355,2		
Vol. après abs. par KOH.....	346,1	CO ² gramme heure = 0,113.	
CO ²	9,1		
CO ² dégagé p. 100.....	2,36		

Volume initial.....	281,4	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	<u>223,2</u>	O gramme heure = 0,110.
CO ² + O.....	58,2	
CO ² + O p. 100.....	20,68	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 1,02.$
O absorbé p. 100.....	2,31	
<i>Tige aérienne grimpante.</i>		
$p = 3,449$	$v = 45$	$t^0 = 17 \frac{1}{2}$ $d = 4$
Volume initial.....	321,1	
Vol. après abs. par KOH.....	<u>311,3</u>	CO ² gramme heure = 0,085.
CO ²	9,8	
CO ² dégagé p. 100.....	2,85	
Volume initial.....	339,3	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	<u>270,0</u>	O gramme heure = 0,093.
CO ² + O.....	69,3	
CO ² + O p. 100.....	20,42	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,91.$
O absorbé p. 100.....	3,12	
<i>Tige souterraine.</i>		
$p = 3,340$	$v = 45$	$t^0 = 17 \frac{1}{2}$ $d = 4$
Volume initial.....	308,9	
Vol. après abs. par KOH.....	<u>302,3</u>	CO ² gramme heure = 0,060.
CO ²	6,6	
CO ² dégagé p. 100.....	1,93	
Volume initial.....	351,9	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	<u>279,4</u>	O gramme heure = 0,061.
CO ² + O.....	72,5	
CO ² + O p. 100.....	20,60	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,97.$
O absorbé p. 100.....	1,98	
<i>1 racine tuberculeuse, coupée à l'extrémité du rhizome précédent.</i>		
$p = 11,955$	$v = 125$	$t^0 = 17 \frac{1}{2}$ $d = 4$
Volume initial.....	329,0	
Vol. après abs. par KOH.....	<u>326,2</u>	CO ² gramme heure = 0,015.
CO ²	2,8	
CO ² dégagé p. 100.....	0,65	
Volume initial.....	365,4	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	<u>290,2</u>	O gramme heure = 0,017.
CO ² + O.....	75,2	
CO ² + O p. 100.....	20,58	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,90.$
O absorbé p. 100.....	0,72	

Rumex pulcher L.

Air atmosphérique	CO ² = 0	O = 20,80	Az = 79,20
<i>3 limbes pris sur le même pied en fleurs.</i>			
$p = 6,245$	$v = 125$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	292,2		
Vol. après abs. par KOH.....	<u>283,1</u>	CO ² gramme heure = 0,147.	
CO ²	9,1		

CO ² p. 100.....	3,11	
Volume initial.....	368,8	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	294,8	O gramme heure = 0,193.
CO ² + O.....	74,0	
CO ² + O p. 100.....	20,06	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,76.$
O absorbé p. 100.....	4,04	
3 pétioles.		
$p = 2,782$	$v = 25$	$t^0 = 17$ $d = 4$
Volume initial.....	308,2	
Vol. après abs. par KOH.....	303,0	CO ² gramme heure = 0,033.
CO ²	5,2	
CO ² p. 100.....	1,68	
Volume initial.....	325,8	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	259,1	O gramme heure = 0,041.
CO ² + O.....	66,7	
CO ² + O p. 100.....	20,47	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,80.$
O absorbé p. 100.....	2,09	

Tige.

$p = 10,050$	$v = 125$	$t^0 = 17$ $d = 4.$
Volume initial.....	322,0	
Vol. après abs. par KOH.....	308,6	CO ² gramme heure = 0,118.
CO ²	13,4	
CO ² dégagé p. 100.....	4,16	
Volume initial.....	336,1	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	268,1	O gramme heure = 0,138.
CO ² + O.....	68,0	
CO ² + O p. 100.....	20,23	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,85.$
O absorbé p. 100.....	4,88	

Borrago officinalis L.Air atmosphérique CO² = O O = 20,80 Az = 79,20

5 limbes recueillis, avant l'apparition des fleurs, sur deux pieds poussant côte à côte.

$p = 5,875$	$v = 45$	$t^0 = 19$ $d = 5$
Volume initial.....	354,0	
Vol. après abs. par KOH.....	335,6	CO ² gramme heure = 0,069.
CO ²	18,4	
CO ² p. 100.....	5,19	
Volume initial.....	315,1	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	256,3	O gramme heure = 0,106.
CO ² + O.....	58,8	
CO ² + O p. 100.....	18,66	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 0,65.$
O absorbé p. 100.....	7,89	

5 pétioles.

$p = 1,812$	$v = 15$	$t^0 = 19$ $d = 5$
Volume initial.....	400,2	
Vol. après abs. par KOH.....	389,0	CO ² gramme heure = 0,037.
CO ²	11,2	

CO ² p. 100.....	2,79	
Volume initial.....	348,5	
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	278,2	O gramme heure = 0,048.
CO ² + O.....	70,3	
CO ² + O p. 100.....	20,17	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,77.$
O absorbé p. 100.....	3,58	

Tige.

<i>p</i> = 3,883	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 19	<i>d</i> = 5
Volume initial.....	368,4		
Vol. après abs. par KOH.....	357,7	CO ² gramme heure = 0,061.	
CO ²	10,7		
CO ² p. 100.....	2,90		
Volume initial.....	326,1		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	260,0	O gramme heure = 0,075.	
CO ² + O.....	66,1		
CO ² + O p. 100.....	20,26	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,81.$	
O absorbé p. 100.....	3,58		

2 racines.

<i>p</i> = 3,970	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 19	<i>d</i> = 5
Volume initial.....	326,2		
Vol. après abs. par KOH.....	319,0	CO ² gramme heure = 0,045.	
CO ²	7,2		
CO ² p. 100.....	2,20		
Volume initial.....	377,7		
Vol. après abs. par pyrog. de KOH.	301,0	O gramme heure = 0,058.	
CO ² + O.....	76,7		
CO ² + O p. 100.....	20,30	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,77.$	
O absorbé p. 100.....	2,83		

Raphanus Raphanistrum L.Air atmosphérique CO² = 0,10 O = 20,70 Az = 79,20*4 limbes* pris sur le même pied, avant l'apparition des fleurs.

<i>p</i> = 11,782	<i>v</i> = 125	<i>t</i> ^o = 19 1/2	<i>d</i> = 4.
Volume initial.....	396,4		
Vol. après abs. par KOH.....	373,9	CO ² gramme heure = 0,133.	
CO ²	22,5		
CO ² dégagé p. 100.....	5,57		
Volume initial.....	346,3		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	280,2	O gramme heure = 0,183.	
CO ² + O.....	66,1		
CO ² + O p. 100.....	19,08	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,73.$	
O absorbé p. 100.....	7,63		

4 pétioles.

<i>p</i> = 8,070	<i>v</i> = 122	<i>t</i> ^o = 19 1/2	<i>d</i> = 4
Volume initial.....	343,4		
Vol. après abs. par KOH.....	337,0	CO ² gramme heure = 0,062.	
CO ²	6,4		

CO ² dégagé p. 100.....	1,76	
Volume initial.....	315,5	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	250,8	O gramme heure = 0,072.
CO ² + O.....	64,7	
CO ² + O p. 100.....	20,50	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,86.$
O absorbé p. 100.....	2,03	

Tige.

<i>p</i> = 10,420	<i>v</i> = 125	<i>t</i> ^o = 19 1/2	<i>d</i> = 4
Volume initial.....	347,9		
Vol. après abs. par KOH.....	334,2	CO ² gramme heure = 0,105.	
CO ²	13,7		
CO ² dégagé p. 100.....	3,83		
Volume initial.....	358,1		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	283,5	O gramme heure = 0,120.	
CO ² + O.....	72,6		
CO ² + O p. 100.....	20,27	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,87.$	
O absorbé p. 100.....	4,39		

Racine.

<i>p</i> = 11,410	<i>v</i> = 125	<i>t</i> ^o = 19 1/2	<i>d</i> = 4
Volume initial.....	349,6		
Vol. après abs. par KOH.....	332,4	CO ² gramme heure = 0,119.	
CO ²	17,2		
CO ² dégagé p. 100.....	4,81		
Volume initial.....	316,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	252,7	O gramme heure = 0,137.	
CO ² + O.....	63,8		
CO ² + O p. 100.....	20,16	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,87.$	
O absorbé p. 100.....	5,51		

Stachys hirta L.

Air atmosphérique CO² = 0 O = 20,80 Az = 79,20
 7 limbes pris sur le même pied en fleurs.

<i>p</i> = 3,640	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 21	<i>d</i> = 4
Volume initial.....	342,0		
Vol. après abs. par KOH.....	325,9	CO ² gramme heure = 0,133.	
CO ²	16,1		
CO ² dégagé p. 100.....	4,70		
Volume initial.....	377,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	302,6	O gramme heure = 0,166.	
CO ² + O.....	75,2		
CO ² + O p. 100.....	19,90	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,80.$	
O absorbé p. 100.....	5,83		

7 pétioles.

<i>p</i> = 1,014	<i>v</i> = 45	<i>t</i> ^o = 21	<i>d</i> = 4
Volume initial.....	306,0		
Vol. après abs. par KOH.....	301,0	CO ² gramme heure = 0,056.	
CO ²	5,0		

CO ² dégagé p. 100.....	1,63	
Volume initial.....	351,2	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	278,6	O gramme heure = 0,061.
CO ² + O.....	72,6	
CO ² + O p. 100.....	20,67	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,91.$
O absorbé p. 100.....	1,79	

Tige.

$p = 4,815$	$v = 45$	$t^o = 21$	$d = 4$
Volume initial.....	316,7		
Vol. après abs. par KOH.....	301,8	CO ² gramme heure = 0,098.	
CO ²	14,9		
CO ² dégagé p. 100.....	4,70		
Volume initial.....	335,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	268,8	O gramme heure = 0,121.	
CO ² + O.....	67,0		
CO ² + O p. 100.....	19,95	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,81.$	
O absorbé p. 100.....	5,77		

Racine.

$p = 3,170$	$v = 45$	$t^o = 21$	$d = 4$
Volume initial.....	379,9		
Vol. après abs. par KOH.....	366,3	CO ² gramme heure = 0,118.	
CO ²	13,6		
CO ² dégagé p. 100.....	3,58		
Volume initial.....	342,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	273,8	O gramme heure = 0,145.	
CO ² + O.....	69,1		
CO ² + O p. 100.....	20,15	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,81.$	
O absorbé p. 100.....	4,39		

Potentilla reptans L.

Air atmosphérique	CO ² = O	O = 20,80	Az = 79,20
8 limbes pris sur deux pieds vivant côte à côte en fleurs.			
$p = 1,940$	$v = 45$	$t^o = 20$	$d = 4$
Volume initial....	325,1		
Vol. après abs. par KOH.....	306,4	CO ² gramme heure = 0,319.	
CO ²	18,7		
CO ² dégagé p. 100.....	5,75		
Volume initial.....	352,7		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	287,0	O gramme heure = 0,476.	
CO ² + O.....	65,7		
CO ² + O p. 100.....	18,62	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,67.$	
O absorbé p. 100.....	8,50		

8 pétioles.

$p = 1,435$	$v = 25$	$t^o = 20$	$d = 4$
Volume initial.....	358,4		
Vol. après abs. par KOH.....	349,0	CO ² gramme heure = 0,107.	
CO ²	9,4		

CO ² dégagé p. 100.....	2,62	
Volume initial.....	355,9	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	283,3	O gramme heure = 0,128.
CO ² + O.....	72,6	
CO ² + O p. 100.....	20,39	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,83.$
O absorbé p. 100.....	3,13	
<i>Tige</i> , 2 fragments prélevés sur chacun des pieds qui a fourni les feuilles.		
$p = 4,050$	$v = 45$	$t^o = 20$ $d = 4$
Volume initial.....	349,1	
Vol. après abs. par KOH.....	333,8	CO ² gramme heure = 0,110
CO ²	15,3	
CO ² dégagé p. 100.....	4,38	
Volume initial.....	334,8	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	267,5	O gramme heure = 0,132.
CO ² + O.....	67,3	
CO ² + O p. 100.....	20,10	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,83.$
O absorbé p. 100.....	5,26	

Ptelea trifoliata L.

Air atmosphérique		CO ² = O	O = 20,80	Az = 79,20
<i>3 folioles.</i>				
$p = 2,448$	$v = 25$	$t^o = 15$	$d = 2$	
Volume initial.....	377,2			
Vol. après abs. par KOH.....	369,3			CO ² gramme heure = 0,096.
CO ²	7,9			
CO ² dégagé p. 100.....	2,09			
Volume initial.....	449,1			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	359,3			O gramme heure = 0,143.
CO ² + O.....	89,8			
CO ² + O p. 100.....	19,99			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,67.$
O absorbé p. 100.....	3,11			
<i>3 pétioles.</i>				
$p = 0,450$	$v = 10$	$t^o = 15$	$d = 2$	
Volume initial.....	389,5			
Vol. après abs. par KOH.....	386,9			CO ² gramme heure = 0,070.
CO ²	2,6			
CO ² dégagé p. 100.....	0,66			
Volume initial.....	363,1			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	288,3			O gramme heure = 0,097.
CO ² + O.....	74,8			
CO ² + O p. 100.....	20,60			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,72.$
O absorbé p. 100.....	0,91			
<i>Tige.</i>				
$p = 3,480$	$v = 25$	$t^o = 15$	$d = 2$	
Volume initial.....	391,3			
Vol. après abs. par KOH.....	380,1			CO ² gramme heure = 0,077.
CO ²	11,2			

CO ² dégagé p. 100.....	2,86	
Volume initial.....	424,5	
Vol. après abs. par pyrog. KOH.	337,5	O gramme heure = 0,087.
CO ² + O.....	87,0	
CO ² + O p. 100.....	20,49	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,88.$
O absorbé p. 100.....	3,25	

Vicia sativa L.

Air atmosphérique	CO ² = 0	O = 20,80	Az = 79,20
4 folioles coupées pendant la floraison.			
p = 1,198	v = 15	t° = 18	d = 4
Volume initial.....	338,7		
Vol. après abs. par KOH.....	303,2	CO ² gramme heure = 0,301.	
CO ²	35,5		
CO ² dégagé p. 100.....	10,48		
Volume initial.....	328,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	269,6	O gramme heure = 0,402.	
CO ² + O.....	59,3		
CO ² + O p. 100.....	18,02	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,75.$	
O absorbé p. 100.....	13,93		
4 pétioles.			
p = 0,445	v = 10	t° = 18	d = 4
Volume initial.....	316,4		
Vol. après abs. par KOH.....	306,5	CO ² gramme heure = 0,167.	
CO ²	9,9		
CO ² dégagé p. 100.....	3,12		
Volume initial.....	381,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	302,9	O gramme heure = 0,189.	
CO ² + O.....	78,1		
CO ² + O p. 100.....	20,49	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,85.$	
O absorbé p. 100.....	3,31		

Tige.

p = 1,382	v = 15	t° = 18	d = 4
Volume initial.....	350,8		
Vol. après abs. par KOH.....	329,5	CO ² gramme heure = 0,149.	
CO ²	21,3		
CO ² dégagé p. 100.....	6,07		
Volume initial.....	364,4		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	291,4	O gramme heure = 0,173.	
CO ² + O.....	73,0		
CO ² + O p. 100.....	20,03	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,86.$	
O absorbé p. 100.....	7,03		

4 vrilles.

p = 0,132	v = 4	t° = 18	d = 4
Volume initial.....	329,0		
Vol. après abs. par KOH.....	317,4	CO ² gramme heure = 0,237.	
CO ²	11,6		

CO ² dégagé p. 100.....	3,52	
Volume initial.....	342,6	
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	272,4	O gramme heure = 0,286.
CO ² + O.....	70,2	
CO ² + O p. 100.....	20,49	$\frac{CO^2}{O} = 0,90.$
O absorbé p. 100.....	3,91	

Spartium junceum L.

Air atmosphérique	CO ² = 0,17	O = 20,63	Az = 79,20
8 feuilles sessiles coupées avant l'apparition des fleurs.			
$p = 0,849$	$v = 45$	$t^o = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	327,3		
Vol. après abs. par KOH.....	313,3	CO ² gramme heure = 0,170.	
CO ²	14,0		
CO ² dégagé p. 100.....	4,10		
Volume initial.....	339,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	273,5	O gramme heure = 0,239.	
CO ² + O.....	65,5		
CO ² + O p. 100.....	19,32	$\frac{CO^2}{O} = 0,71.$	
O absorbé p. 100.....	3,77		
1 rameau, junciforme, très vert, portant les feuilles précédentes.			
$p = 3,173$	$v = 45$	$t^o = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	355,3		
Vol. après abs. par KOH.....	337,4	CO ² gramme heure = 0,160.	
CO ²	17,9		
CO ² dégagé p. 100.....	4,86		
Volume initial.....	362,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	290,7	O gramme heure = 0,200.	
CO ² + O.....	71,5		
CO ² + O p. 100.....	19,74	$\frac{CO^2}{O} = 0,80.$	
O absorbé p. 100.....	6,03		

Asparagus albus L.

Air atmosphérique	CO ² = 0	O = 20,80	Az = 79,20
<i>Cladodes.</i>			
$p = 0,450$	$v = 10$	$t^o = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	370,2		
Vol. après abs. par KOH.....	354,6	CO ² gramme heure = 0,223.	
CO ²	15,6		
CO ² dégagé p. 100.....	4,21		
Volume initial.....	307,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	246,7	O gramme heure = 0,285.	
CO ² + O.....	61,1		
CO ² + O p. 100.....	19,85	$\frac{CO^2}{O} = 0,78.$	
O absorbé p. 100.....	5,40		

Tige, blanchâtre, épineuse.

$p=0,345$	$v=10$	$t^o=18$	$d=4$
Volume initial.....	345,6		
Vol. après abs. par KOH.....	340,0	CO^2 gramme heure = 0,113.	
CO^2	5,6		
CO^2 dégagé p. 100.....	1,62		
Volume initial.....	326,2		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	258,5	O gramme heure = 0,117.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$	67,7		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....	20,75	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,96.$	
O absorbé p. 100.....	1,68		

Acacia melanoxylon R. Br.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = \text{O}$ $\text{O} = 20,80$ $\text{Az} = 79,20$ 6 *phylloides* coupées avant l'apparition des fleurs.

$p=1,967$	$v=15$	$t^o=18$	$d=4$
Volume initial.....	349,9		
Vol. après abs. par KOH.....	324,7	CO^2 gramme heure = 0,119.	
CO^2	25,2		
CO^2 dégagé p. 100.	7,20		
Volume initial.....	354,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	291,1	O gramme heure = 0,180.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$	63,7		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....	17,95	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,66.$	
O absorbé p. 100.....	10,82		

Tige.

$p=0,630$	$v=10$	$t^o=18$	$d=4$
Volume initial.....	342,7		
Vol. après abs. par KOH.....	332,6	CO^2 gramme heure = 0,105	
CO^2	10,1		
CO^2 dégagé p. 100.....	2,94		
Volume initial.....	346,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	275,7	O gramme heure = 0,128.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$	70,3		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....	20,31	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,82.$	
O absorbé p. 100.....	3,55		

Ruscus hypophyllum L.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = \text{O}$ $\text{O} = 20,80$ $\text{Az} = 79,20$ 4 *cladodes*, larges, de l'année précédente coupées avant l'apparition des fleurs.

$p=1,762$	$v=15$	$t^o=15$	$d=4$
Volume initial.....	392,9		
Vol. après abs. par KOH.....	387,4	CO^2 gramme heure = 0,026.	
CO^2	5,5		
CO^2 dégagé p. 100.....	1,39		
Volume initial.....	414,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	332,3	O gramme heure = 0,047.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$	82,5		

CO ² + O p. 100.....	49,88	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,55.$
O absorbé p. 100.....	2,55	

Tige.

$p = 1,113$	$v = 15$	$t^0 = 15$	$d = 4$
Volume initial.....	394,9		
Vol. après abs. par KOH.....	392,7	CO ² gramme heure = 0,017.	
CO ²	2,2		
CO ² dégagé p. 100.....	0,55		
Volume initial.....	386,4		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	307,2	O gramme heure = 0,029.	
CO ² + O.....	79,2		
CO ² + O p. 100.....	20,49	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,58.$	
O absorbé p. 100.....	0,94		

Asplenium Adiantum-nigrum L.Air atmosphérique CO² = O O = 20,80 Az = 79,20*Limbes* dépourvus de sores.

$p = 1,425$	$v = 15$	$t^0 = 21$	$d = 4$
Volume initial.....	375,1		
Vol. après abs. par KOH.....	353,9	CO ² gramme heure = 0,134.	
CO ²	21,2		
CO ² dégagé p. 100.....	5,65		
Volume initial.....	364,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	292,2	O gramme heure = 0,167.	
CO ² + O.....	71,8		
CO ² + O p. 100.....	19,72	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,80.$	
O absorbé p. 100.....	7,01		

Pétioles.

$p = 0,365$	$v = 15$	$t^0 = 21$	$d = 4$
Volume initial.....	322,9		
Vol. après abs. par KOH.....	320,2	CO ² gramme heure = 0,083.	
CO ²	2,7		
CO ² dégagé p. 100.....	0,83		
Volume initial.....	344,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	273,7	O gramme heure = 0,102.	
CO ² + O.....	71,2		
CO ² + O p. 100.....	20,64	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,80.$	
O absorbé p. 100.....	4,03		

Equisetum maximum Lamk.Air atmosphérique CO² = O O = 20,80 Az = 79,20*Rameaux courts chlorophylliens* appartenant à 5 verticilles.

$p = 2,570$	$v = 25$	$t^0 = 21$	$d = 4$
Volume initial.....	362,7		
Vol. après abs. par KOH.....	331,4	CO ² gramme heure = 0,188.	
CO ²	31,3		

CO ² dégagé p. 100.....	8,63	
Volume initial.....	325,7	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	267,6	O gramme heure = 0,272.
CO ² + O.....	58,1	
CO ² + O p. 100.....	17,83	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,69.$
O absorbé p. 100.....	12,37	

Tige.

	$p = 2,287$	$v = 25$	$t^{\circ} = 21$	$d = 4$	
Volume initial.....		361,2			
Vol. après abs. par KOH.....		347,4			CO ² gramme heure = 0,096.
CO ²		14,4			
CO ² dégagé p. 100.....		3,90			
Volume initial.....		342,8			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		274,1			O gramme heure = 0,120.
CO ² + O.....		68,7			
CO ² + O p. 100.....		20,04			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,80.$
O absorbé p. 100.....		4,85			

Les expériences précédentes ont porté principalement sur les organes végétatifs aériens, ce n'est que dans certains cas que j'ai ajouté à cette étude celle de la racine. La comparaison de la respiration d'un limbe, pris à un état déterminé du développement, avec celles de son pétiole et de la partie de la tige qui porte la feuille, est assez rigoureuse puisqu'on expérimente sur des objets au même état de développement. La comparaison de la racine avec les organes précédents l'est beaucoup moins ; en effet, une racine entière peut être pourvue de racelles nombreuses, c'est un organe qui comprend des parties très jeunes, s'accroissant encore, d'autres plus âgées, presque arrivées au terme du développement ; suivant la prédominance de l'une ou l'autre de ces parties, on observera, dans la respiration, des résultats très différents. Ceci explique peut-être, que, dans deux ou trois expériences, que je n'ai pas citées ici, j'ai obtenu pour la racine, un quotient respiratoire inférieur à celui du limbe. Pour éclaircir ces divergences j'ai fait de nouvelles expériences en comparant exclusivement la racine avec le limbe, que nous pouvons prendre comme point de repère, puisque nous savons qu'il possède, relativement aux autres organes végétatifs aériens, l'intensité respiratoire la plus forte et le quotient $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ le moins élevé.

Voici la description de ces expériences :

Cerintho aspera Roth

Air atmosphérique		$\text{CO}^2 = 0$	$\text{O} = 20,73$	$\text{Az} = 79,27$
4 limbes, bien développés, cueillis sur le même pied, avant l'apparition des fleurs.				
	$p = 2,805$	$v = 25$	$t^0 = 15$	$d = 2$
Volume initial.....		391,6		
Vol. après abs. par KOH.....		385,3	CO^2 gramme heure $= 0,063$	
CO^2		6,3		
CO^2 dégagé p. 100.....		1,60		
Volume initial.....		391,8		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...		313,1	O gramme heure $= 0,095$	
$\text{CO}^2 + \text{O}$		78,7		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....		20,08	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,66.$	
O absorbé p. 100... ..		2,41		
1 racine appartenant au même individu que les limbes précédents.				
	$p = 4,425$	$v = 25$	$t^0 = 15$	$d = 2$
Volume initial.....		390,7		
Vol. après abs. par KOH.....		381,2	CO^2 gramme heure $= 0,056$	
CO^2		9,5		
CO^2 dégagé p. 100.....		2,43		
Volume initial.....		391,6		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...		313,1	O gramme heure $= 0,076.$	
$\text{CO}^2 + \text{O}$		78,5		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....		20,04	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,73.$	
O absorbé p. 100.....		3,29		

Achyranthes argentea Lamk.

Air atmosphérique		$\text{CO}^2 = 0$	$\text{O} = 20,79$	$\text{Az} = 79,21$
8 limbes pris sur le même pied, un peu avant l'apparition des fleurs.				
	$p = 1,528$	$v = 20$	$t^0 = 15$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....		393,0		
Vol. après abs. par KOH.....		385,3	CO^2 gramme heure $= 0,094.$	
CO^2		7,7		
CO^2 dégagé p. 100.....		1,95		
Volume initial.....		422,7		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...		337,4	O gramme heure $= 0,132.$	
$\text{CO}^2 + \text{O}$		85,3		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....		20,17	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,71.$	
O absorbé p. 100.....		2,73		
1 racine.				
	$p = 3,135$	$v = 25$	$t^0 = 15$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....		395,1		
Vol. après abs. par KOH.....		388,4	CO^2 gramme heure $= 0,047.$	
CO^2		6,7		
CO^2 dégagé p. 100.....		1,69		

Volume initial.....	391,6	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	310,4	O gramme heure = 0,049.
CO ² + O.....	81,2	
CO ² + O p. 100.....	20,73	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,96.$
O absorbé p. 100.....	1,76	

Erodium moschatum L'Hérit.

Air atmosphérique		CO ² = O	O = 20,76	Az = 79,24
15 limbes, bien développés, pris sur 4 pieds pendant la floraison.				
$p = 0,856$		$v = 10$	$t^o = 15$	$d = 1 \frac{1}{4}$
Volume initial.....	390,5			
Vol. après abs. par KOH.....	382,6			CO ² gramme heure = 0,172.
CO ²	7,9			
CO ² dégagé p. 100.....	2,02			
Volume initial.....	391,1			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	313,3			O gramme heure = 0,265.
CO ² + O.....	77,8			
CO ² + O p. 100.....	19,89			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,64.$
O absorbé p. 100.....	3,11			
4 racines.				
$p = 2,600$		$v = 20$	$t^o = 15$	$d = 1 \frac{1}{4}$
Volume initial.....	403,7			
Vol. après abs. par KOH.....	394,7			CO ² gramme heure = 0,118.
CO ²	9,0			
CO ² dégagé p. 100.....	2,22			
Volume initial.....	393,3			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	313,0			O gramme heure = 0,142.
CO ² + O.....	80,3			
CO ² + O p. 100.....	20,41			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,83.$
O absorbé p. 100.....	2,66			

Malva silvestris L.

Air atmosphérique		CO ² = O	O = 20,74	Az = 79,26
3 limbes, recueillis sur le même pied pendant la floraison.				
$p = 2,050$		$v = 20$	$t^o = 15$	$d = 2$
Volume initial.....	399,8			
Vol. après abs. par KOH.....	388,5			CO ² gramme heure = 0,123.
CO ²	11,3			
CO ² dégagé p. 100.....	2,82			
Volume initial.....	400,4			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	320,9			O gramme heure = 0,172.
CO ² + O.....	79,5			
CO ² + O p. 100.....	19,85			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,71.$
O absorbé p. 100.....	3,94			
1 racine.				
$p = 2,270$		$v = 20$	$t^o = 15$	$d = 2$

Volume initial.....	400,3	
Vol. après abs. par KOH.....	389,8	CO ² gramme heure = 0,102.
CO ²	10,5	
CO ² dégagé p. 100.....	2,62	
Volume initial.....	390,3	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	310,2	O gramme heure = 0,112.
CO ² + O.....	80,1	
CO ² + O p. 100.....	20,52	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,90.$
O absorbé p. 100.....	2,89	

Les résultats obtenus pour l'intensité respiratoire (CO² et O gramme heure) et le quotient $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ sont résumés dans les tableaux suivants :

ESÈCES	CO ² GRAMME HEURE				O GRAMME HEURE				CO ² O						
	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Phyllodes, Vrilles.	Racines.	Limbes.	Pétioles	Tiges.	Phyllodes, Vrilles.	Racines.	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Phyllodes, Vrilles.	Racines.
Thrinicia tuberosa	0,088	»	»	»	0,041	0,418	»	»	»	0,048	0,74	»	»	»	0,85
Oxalis cernua.....	0,085	0,075	Rhizome.	»	»	0,088	0,047	0,043	»	»	0,96	4,57	Rhizome.	»	»
Oxalis corniculata.	0,207	0,146	0,154	»	0,147	0,246	0,156	0,159	»	0,147	0,84	0,93	0,97	»	1,00
Oxalis stricta.....	0,189	0,144	0,138	»	»	0,219	0,138	0,139	»	»	0,86	4,03	0,99	»	»
Mesembryanthemum no- diflorum.....	0,034	»	0,039	»	»	0,036	»	0,039	»	»	0,86	»	1,00	»	»
Rumex Acetosa	0,216	0,415	»	»	»	0,282	0,130	»	»	»	0,76	0,88	»	»	»
Rumex pulcher.....	0,147	0,033	0,418	»	»	0,193	0,041	0,438	»	»	0,76	0,80	0,85	»	»
Polygonum Persicaria....	0,476	»	0,069	»	»	0,244	»	0,084	»	»	0,73	»	0,82	»	»
Mercurialis annua.....	0,402	0,086	0,056	»	0,047	0,438	0,088	0,068	»	0,057	0,73	0,97	0,82	»	0,84
Fumaria capreolata.....	0,213	0,164	0,088	»	0,097	0,239	0,164	0,100	»	0,107	0,89	1,00	0,88	»	0,90
Geranium Robertianum..	0,139	0,044	0,065	»	0,103	0,493	0,048	0,068	»	0,120	0,72	0,91	0,94	»	0,86
Urtica membranacea.....	0,108	0,069	0,088	»	0,047	0,456	0,081	0,100	»	0,054	0,69	0,85	0,88	»	0,86
Malva parviflora.....	0,319	0,081	0,097	»	0,084	0,377	0,084	0,114	»	0,101	0,84	0,97	0,85	»	0,83
Raphanus Raphanistrum.	0,133	0,062	0,105	»	0,119	0,183	0,072	0,120	»	0,137	0,73	0,86	0,87	»	0,87
Spirea opulifolia.....	0,460	0,415	»	»	»	0,246	0,161	»	»	»	0,65	0,71	»	»	»

ESPÈCES	0,2 GRAMME HEURE					0 GRAMME HEURE					$\frac{CO_2}{O}$				
	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Phyllodes, Vitrilles.	Racines.	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Phyllodes, Vitrilles.	Racines.	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Phyllodes, Vitrilles.	Racines.
<i>Potentilla reptans</i>	0,349	0,407	0,440	"	"	0,476	0,428	0,432	"	"	0,67	0,83	0,83	"	"
<i>Bryonia dioica</i>	0,432	0,094	0,085	0,443	0,015	0,303	0,408	0,093	0,440	0,017	0,65	0,87	0,91	1,02	0,90
<i>Vicia sativa</i>	0,304	0,467	0,149	0,257	"	0,402	0,489	0,473	0,286	"	0,75	0,88	0,86	0,90	"
<i>Borrago officinalis</i>	0,069	0,037	0,064	"	0,045	0,406	0,048	0,075	"	0,058	0,65	0,77	0,81	"	0,77
<i>Stachys hirta</i>	0,433	0,055	0,098	"	0,418	0,466	0,064	0,424	"	0,445	0,80	0,91	0,84	"	0,84
<i>Ptelea trifoliata</i>	0,096	0,070	0,077	"	"	0,143	0,097	0,087	"	"	0,67	0,72	0,88	"	"
<i>Spartium junceum</i>	0,470	"	0,460	"	"	0,239	"	0,200	"	"	0,71	"	0,80	"	"
<i>Asparagus albus</i>	"	"	0,443	0,223	"	"	"	0,417	0,285	"	"	"	0,96	0,78	"
<i>Acacia melanoxylon</i>	"	"	0,405	0,119	"	"	"	0,428	0,480	"	"	"	0,82	0,66	"
<i>Ruscus hypophyllum</i>	"	"	0,017	0,026	"	"	"	0,029	0,047	"	"	"	0,58	0,55	"
<i>Asplenium Adiantum-nigrum</i>	0,434	0,083	"	"	"	0,167	0,102	"	"	"	0,80	0,80	"	"	"
<i>Equisetum maximum</i>	"	"	0,096	Rameaux chlorophyll.	"	"	"	0,420	Rameaux chlorophyll.	"	"	"	0,80	0,69	"
<i>Cerinthe aspera</i>	0,063	"	"	0,488	"	0,095	"	"	0,272	0,076	0,66	"	"	"	0,73
<i>Achyranthes argentea</i>	0,094	"	"	"	0,056	0,432	"	"	"	0,069	0,74	"	"	"	0,96
<i>Erodium moschatum</i>	0,472	"	"	"	0,418	0,265	"	"	"	0,442	0,64	"	"	"	0,83
<i>Malva silvestris</i>	0,423	"	"	"	0,402	0,472	"	"	"	0,442	0,71	"	"	"	0,90

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

I. — Les chiffres précédents montrent nettement que le limbe foliaire, si différent par sa structure des autres parties végétatives de la plante, s'en distingue aussi par une respiration spéciale. Il possède, en effet, comparativement au pétiole, à la tige et à la racine, l'intensité respiratoire la plus forte et le quotient respiratoire le moins élevé. Ainsi, pour ces différents organes, les valeurs de l'intensité respiratoire (représentées par l'oxygène absorbé par 1 gramme de poids frais en une heure) sensiblement égales entre elles, par exemple dans le *Cerithe aspera* (limbe : 0,095, racine : 0,076), dans le *Spartium junceum* (limbe : 0,239, tige : 0,200), et dans le *Mesembryanthemum nodiflorum* (1) (limbe : 0,036, tige : 0,039), atteignent, pour le limbe et relativement au pétiole, à la tige et à la racine, des chiffres de moitié plus élevés (*Raphanus Raphanistrum* : limbe 0,183, tige 0,120 ; *Ptelea trifoliata* : limbe 0,143, pétiole 0,097, tige 0,087 ; *Oxalis stricta* : limbe 0,219, pétiole 0,138, tige 0,139 ; *Spiræa opulifolia* : limbe 0,246, pétiole 0,161 ; *Geranium Robertianum* : limbe 0,193, racine 0,120 ; *Malva silvestris* : limbe 0,172, racine 0,112), sensiblement doubles (*Rumex Acetosa* : limbe 0,282, pétiole 0,130 ; *Oxalis cernua* : limbe 0,088, pétiole 0,047, rhizome 0,043 ; *Mercurialis annua* : limbe 0,138, tige 0,068 ; *Fumaria capreolata* : limbe 0,239, tige 0,100, racine 0,107 ; *Bryonia dioica* : limbe 0,203, pétiole 0,108, tige 0,093 ; *Erodium moschatum* : limbe 0,265, racine 0,142), quelquefois triples et même quadruples (*Polygonum Persicaria* : limbe 0,241, tige 0,084 ; *Geranium Robertianum* : limbe 0,193, tige 0,068 ; *Urtica membranacea* : limbe 0,156, racine 0,054 ; *Malva parviflora* : limbe 0,377, tige 0,114, racine 0,101 ; *Potentilla reptans* : limbe 0,476, pétiole 0,128, tige 0,132 ; *Achyranthus argentea* : limbe 0,132, racine 0,049).

Chez les végétaux aphyllés, les organes tels que les phyllodes

(1) Dans cette espèce les feuilles et la tige sont également charnues et vertes ce qui explique les valeurs faibles et égales de l'intensité respiratoire pour ces deux organes.

et les cladodes obéissent à la même loi que le limbe qu'ils remplacent physiologiquement. Ainsi, les énergies respiratoires des cladodes de l'*Asparagus albus* (0,285), des rameaux chlorophylliens de l'*Equisetum maximum* (0,272) et des phyllodes de l'*Acacia melanoxylon* (0,180) sont une fois et demie et même deux fois plus élevées que celles de la tige (0,117 pour le premier, 0,120 pour le deuxième et 0,128 pour le troisième).

Les valeurs du quotient respiratoire, quelquefois à peu près égales entre elles pour le limbe, le pétiole, la tige et la racine (*Fumaria capreolata* : limbe 0,89, tige 0,88, racine 0,90 ; *Malva parviflora* : limbe 0,84, tige 0,85, racine 0,83 ; *Stachys hirta* : limbe 0,80, tige 0,81, racine 0,81 ; *Asplenium Adiantum-nigrum* : limbe 0,80, pétiole 0,80), sont le plus souvent moins élevées pour le limbe que pour les autres organes, ainsi que le montrent les exemples suivants : *Thrinicia tuberosa* : limbe 0,74, racine 0,85 ; *Mercurialis annua* : limbe 0,73, pétiole 0,97, tige 0,82, racine 0,84 ; *Geranium Robertianum* : limbe 0,72, pétiole 0,91, tige 0,94, racine 0,86 ; *Urtica membranacea* : limbe 0,69, pétiole 0,85, tige 0,88, racine 0,86 ; *Raphanus Raphanistrum* : limbe 0,73, pétiole 0,86, tige 0,87, racine 0,87 ; *Potentilla reptans* : limbe 0,67, pétiole 0,83, tige 0,83 ; *Bryonia dioica* : limbe 0,65, pétiole 0,87, tige 0,91, racine 0,90 ; *Vicia sativa* : limbe 0,75, pétiole 0,88, tige 0,86 ; *Borrago officinalis* : limbe 0,65, pétiole 0,77, tige 0,81, racine 0,77 ; *Spartium junceum* : limbe 0,71, tige 0,80 ; *Erodium moschatum* : limbe 0,64, racine 0,83 ; *Malva silvestris* : limbe 0,71, racine 0,90 ; *Achyranthes argentea* : limbe 0,71, racine 0,96.

La remarque, que j'ai faite plus haut sur l'intensité respiratoire des phyllodes et des cladodes, s'applique aussi à leur quotient respiratoire, qui est moins élevé que celui de la tige, comme dans l'*Asparagus albus* (cladodes : 0,78, tige : 0,96), l'*Acacia melanoxylon* (phyllodes : 0,66, tige : 0,82) et l'*Equisetum maximum* (rameaux chlorophylliens : 0,69, tige : 0,80).

Il semble donc, d'après ces différents exemples, que, d'une manière très générale, les organes essentiellement chargés de la fonction chlorophyllienne respirent plus activement que les autres et présentent un quotient respiratoire moins élevé.

II. — Il n'est pas possible d'établir une loi générale qui dis-

tingue entre eux, au point de vue respiratoire, le pétiole, la tige et la racine. Assez souvent, les valeurs de l'intensité et du rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ sont sensiblement égales entre elles, d'autres fois elles sont différentes. Je vais citer quelques exemples qui mettront bien ces faits en évidence. Ainsi, pour le pétiole, la tige et la racine, les valeurs de l'intensité respiratoire sont respectivement égales à 0,156, 0,159 et 0,147 (*Oxalis corniculata*), à 0,084, 0,114 et 0,101 (*Malva parviflora*), à 0,088, 0,068 et 0,057 (*Mercurialis annua*), à 0,164, 0,100 et 0,107 (*Fumaria capreolata*), à 0,048, 0,068 et 0,120 (*Geranium Robertianum*), à 0,061, 0,121 et 0,145 (*Stachys hirta*), à 0,081, 0,100 et 0,054 (*Urtica membranacea*). De même, les valeurs du quotient respiratoire pour ces trois organes (pétiole, tige, racine) sont respectivement égales à 0,85, 0,88 et 0,86 (*Urtica membranacea*), à 0,86, 0,87 et 0,87 (*Raphanus Raphanistrum*), à 0,93, 0,97 et 1,00 (*Oxalis corniculata*), à 0,97, 0,82 et 0,84 (*Mercurialis annua*), à 0,91, 0,94 et 0,86 (*Geranium Robertianum*), à 0,77, 0,81 et 0,77 (*Borrage officinalis*).

J'ai observé, dans deux expériences sur des espèces pourvues de vrilles, que l'intensité respiratoire de ces organes est intermédiaire entre celle du limbe et celles de la tige et du pétiole, inférieure à la première, supérieure aux deuxièmes; ainsi, dans le *Vicia sativa*, les valeurs de cette intensité sont égales pour le limbe à 0,402, pour les vrilles à 0,286, pour le pétiole à 0,189 et pour la tige à 0,173; les différences sont moins sensibles dans le *Bryonia dioica* (limbe 0,203, vrilles 0,110, pétiole 0,108, tige 0,093). J'ai constaté aussi que le quotient respiratoire des vrilles est égal ou supérieur à ceux du pétiole et de la tige (*Bryonia dioica* : pétiole 0,87, tige 0,91, vrilles 1,02; *Vicia sativa* : pétiole 0,88, tige 0,86, vrilles 0,90). Je signale simplement ces observations, qu'un nombre trop restreint d'expériences sur des végétaux munis de vrilles ne me permet pas de généraliser.

III. — Enfin, les valeurs du quotient $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ sont généralement inférieures à l'unité; la respiration consiste donc, pour les organes végétatifs des plantes vasculaires, en une assimilation

d'oxygène. Seuls, quelques végétaux riches en acides organiques, tels que des *Oxalis* et une Crassulacée, font exception à cette règle générale formulée depuis longtemps. Dans ce cas, les valeurs de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, toujours < 1 pour le limbe (*Oxalis cernua* : 0,96; *Oxalis corniculata* : 0,84; *Oxalis stricta* : 0,86; *Mesembryanthemum nodiflorum* : 0,86), peuvent se rapprocher de l'unité, ou la dépasser pour les autres organes (*Oxalis cernua* : rhizome 1,18, pétiole 1,57; *Oxalis corniculata* : pétiole 0,93, tige 0,97, racine 1,00; *Oxalis stricta* : pétiole 1,03, tige 0,99; *Mesembryanthemum nodiflorum* : tige 1,00). Il y a évidemment, chez ces végétaux, une relation entre la fonction respiratoire et la présence des acides organiques, leur formation ou leur destruction.

CHAPITRE IV

RESPIRATION INTRAMOLÉCULAIRE

J'étudierai, dans ce chapitre, la respiration comparée, dans l'air et dans une atmosphère d'hydrogène, du limbe, du pétiole, de la tige et de la racine. N et I représentent, en centimètres cubes, le premier, le volume de CO^2 dégagé pendant la respiration normale, le deuxième, pendant la respiration intramoléculaire.

Clematis cirrhosa L.

Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$

7 limbes recueillis sur le même pied, à 2 nœuds successifs, avant l'apparition des fleurs.

$p = 0,835$	$v = 25$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	308,6		
Vol. après abs. par KOH.....	301,0	N gramme heure = 0,178.	
N.....	7,6		
N dégagé p. 100.....	2,46		

11 limbes prélevés sur un pied voisin du précédent.

$p = 1,291$	$v = 25$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	308,7		
Vol. après abs. par KOH.....	302,9	I gramme heure = 0,085.	
I.....	5,8		
I dégagé p. 100.....	1,87		
		$\frac{I}{N} = 0,47.$	

7 pétioles.

$p = 0,309$	$v = 25$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
-------------	----------	------------------	---------

Volume initial.....	305,4	
Volume après abs. par KOH.....	304,0	N gramme heure = 0,089.
N.....	1,4	
N dégagé p. 100.....	0,45	

41 pétioles.

$$p = 0,5375 \quad v = 25 \quad t^0 = 17 \quad d = 4$$

Volume initial.....	301,5	
Vol. après abs. par KOH.....	299,9	I gramme heure = 0,060.
I.....	1,6	
I dégagé p. 100.....	0,53	$\frac{I}{N} = 0,67.$

Tige.

$$p = 0,969 \quad v = 25 \quad t^0 = 17 \quad d = 4$$

Volume initial.....	299,6	
Vol. après abs. par KOH.....	293,6	N gramme heure = 0,124.
N.....	6,0	
N p. 100.....	2,00	

Tige.

$$p = 1,046 \quad v = 25 \quad t^0 = 17 \quad d = 4$$

Volume initial.....	288,7	
Vol. après abs. par KOH.....	284,9	I gramme heure = 0,075.
I.....	3,8	
I p. 100.....	1,31	$\frac{I}{N} = 0,60.$

Lavatera olbia L.

Air atmosphérique $CO^2 = 0$

2 limbes pris à 2 nœuds successifs, avant l'apparition des fleurs.

$$p = 2,178 \quad v = 25 \quad t^0 = 15 \frac{1}{2} \quad d = 4$$

Volume initial.....	390,8	
Vol. après abs. par KOH.....	375,1	N gramme heure = 0,105.
N.....	15,7	
N p. 100.....	4,01	

2 limbes pris à 2 nœuds successifs, sur un rameau voisin du précédent.

$$p = 2,435 \quad v = 25 \quad t^0 = 15 \frac{1}{2} \quad d = 4$$

Volume initial.....	366,8	
Vol. après abs. par KOH.....	355,2	I gramme heure = 0,073.
I.....	11,6	
I p. 100.....	3,16	$\frac{I}{N} = 0,69.$

2 pétioles.

$$p = 0,410 \quad v = 15 \quad t^0 = 15 \frac{1}{2} \quad d = 4$$

Volume initial.....	380,3	
Vol. après abs. par KOH.....	377,8	N gramme heure = 0,057.
N.....	2,5	
N p. 100.....	0,65	

2 pétioles.

$$p = 0,512 \quad v = 15 \quad t^0 = 15 \frac{1}{2} \quad d = 4$$

Volume initial.....	389,9	
Vol. après abs. par KOH.....	387,1	I gramme heure = 0,050.
I.....	2,8	

$$1 \text{ p. } 100 \dots \dots \dots 0,71 \quad \frac{1}{N} = 0,87.$$

Tige.

$p = 0,631$	$v = 15$	$t^0 = 15 \text{ } 1 \text{ } 2$	$d = 4$
Volume initial.....	392,0		
Vol. après abs. par KOH.....	384,2	N gramme heure = 0,113.	
N.....	7,8		
N p. 100.....	1,99		

Tige.

$p = 0,815$	$v = 25$	$t^0 = 15 \text{ } 1 \text{ } 2$	$d = 4$
Volume initial.....	383,1		
Vol. après abs. par KOH.....	378,9	1 gramme heure = 0,080.	
L.....	4,2		
1 p. 100.....	1,09	$\frac{1}{N} = 0,70.$	

Fumaria capreolata L.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$

7 limbes coupés sur le même pied au moment de la floraison.

$p = 0,821$	$v = 15$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	382,9		
Vol. après abs. par KOH.....	362,0	N gramme heure = 0,235.	
N.....	20,9		
N p. 100.....	5,45		

7 limbes.

$p = 0,745$	$v = 15$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	397,2		
Volume après abs. par KOH.....	392,2	1 gramme heure = 0,059.	
L.....	5,0		
1 p. 100.....	1,25	$\frac{1}{N} = 0,25.$	

7 pétioles.

$p = 0,818$	$v = 15$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	405,7		
Vol. après abs. par KOH.....	398,0	N gramme heure = 0,132.	
N.....	7,7		
N p. 100.....	1,89		

7 pétioles.

$p = 0,557$	$v = 15$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	391,4		
Vol. après abs. par KOH.....	387,3	1 gramme heure = 0,062.	
L.....	3,8		
1 p. 100.....	0,97	$\frac{1}{N} = 0,47.$	

Tige.

$p = 1,075$	$v = 25$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	389,0		
Vol. après abs. par KOH.....	382,3	N gramme heure = 0,095.	
N.....	6,7		
N p. 100.....	1,72		

Tige.

	$p = 1,310$	$v = 25$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....			404,7	
Vol. après abs. par KOH.....			399,5	1 gramme heure = 0,057.
l.....			5,2	
l p. 100.....		1,28	$\frac{1}{N} = 0,60.$	

***Erodium moschatum* L'Hérit.**Air atmosphérique CO² = 0

9 limbes coupés avant l'apparition des fleurs.

	$p = 0,665$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....			305,6	
Vol. après abs. par KOH.....			297,3	N gramme heure = 0,247.
N.....			8,3	
N p. 100.....		2,71		

10 limbes.

	$p = 0,692$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....			294,1	
Vol. après abs. par KOH.....			292,3	1 gramme heure = 0,053.
l.....			1,8	
l p. 100.....		0,61	$\frac{1}{N} = 0,21.$	

9 pétioles.

	$p = 1,189$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....			297,5	
Vol. après abs. par KOH.....			292,4	N gramme heure = 0,085.
N.....			5,1	
N p. 100.....		1,71		

10 pétioles.

	$p = 1,607$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....			307,2	
Vol. après abs. par KOH.....			303,7	1 gramme heure = 0,041.
l.....			3,5	
l p. 100.....		1,13	$\frac{1}{N} = 0,48.$	

***Potentilla reptans* L.**Air atmosphérique CO² = 0

2 limbes coupés avant l'apparition des fleurs.

	$p = 0,700$	$v = 25$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....			283,1	
Vol. après abs. par KOH.....			276,2	N gramme heure = 0,210.
N.....			6,9	
N p. 100.....		2,43		

3 limbes.

	$p = 1,095$	$v = 25$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....			322,8	
Vol. après abs. par KOH.....			314,9	1 gramme heure = 0,125
l.....			7,4	

I p. 100.....	2,29	$\frac{1}{N} = 0,59.$
2 pétioles.		
$p = 0,478$	$v = 25$	$t^o = 17$ $d = 4$
Volume initial.....	291,0	
Vol. après abs. par KOH.....	289,4	N gramme heure = 0,083.
N.....	1,9	
N p. 100.....	0,65	
3 pétioles.		
$p = 0,963$	$v = 25$	$t^o = 17$ $d = 4$
Volume initial.....	294,4	
Vol. après abs. par KOH.....	291,7	I gramme heure = 0,056.
l.....	2,7	
I p. 100.....	0,91	$\frac{1}{N} = 0,67.$

Vicia Faba L.Air atmosphérique CO² = 0

2 limbes coupés avant l'apparition des fleurs.			
$p = 2,217$	$v = 25$	$t^o = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	311,5		
Vol. après abs. par KOH.....	298,0	N gramme heure = 0,111.	
N.....	13,5		
N p. 100.....	4,33		
2 limbes.			
$p = 2,330$	$v = 25$	$t^o = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	305,8		
Vol. après abs. par KOH.....	299,3	I gramme heure = 0,051.	
l.....	6,5		
I p. 100.....	2,12	$\frac{1}{N} = 0,46.$	
2 pétioles.			
$p = 0,415$	$v = 25$	$t^o = 16$	$d = 4.$
Volume initial.....	320,8		
Vol. après abs. par KOH.....	319,9	N gramme heure = 0,041.	
N.....	0,9		
N p. 100.....	0,28		
2 pétioles.			
$p = 0,515$	$v = 25$	$t^o = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	317,4		
Vol. après abs. par KOH.....	316,3	I gramme heure = 0,043.	
l.....	1,1		
I p. 100.....	0,37	$\frac{1}{N} = 1,04.$	
Tige.			
$p = 1,892$	$v = 25$	$t^o = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	333,4		
Vol. après abs. par KOH.....	326,5	N gramme heure = 0,062.	
N.....	6,9		
N p. 100.....	2,06		

Tige.

$p = 2,212$	$v = 25$	$t^o = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	299,2		
Vol. après abs. par KOH.....	292,6	I gramme heure = 0,056.	
l.....	6,6		
l p. 100.....	2,20	$\frac{I}{N} = 0,90.$	

Psoralea bituminosa L.Air atmosphérique CO² = 0

2 limbes cueillis avant l'apparition des fleurs.

$p = 1,669$	$v = 25$	$t^o = 16 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	288,3		
Vol. après abs. par KOH.....	278,9	N gramme heure = 0,113.	
N.....	9,4		
N p. 100.....	3,26		

2 limbes.

$p = 1,807$	$v = 25$	$t^o = 16 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	308,7		
Vol. après abs. par KOH.....	302,0	I gramme heure = 0,069.	
l.....	6,7		
l p. 100.....	2,17	$\frac{I}{N} = 0,61.$	

2 pétioles.

$p = 0,763$	$v = 25$	$t^o = 16 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	301,8		
Vol. après abs. par KOH.....	299,6	N gramme heure = 0,057.	
N.....	2,2		
N p. 100.....	0,72		

2 pétioles.

$p = 0,895$	$v = 25$	$t^o = 16/12$	$d = 4$
Volume initial.....	281,8		
Vol. après abs. par KOH.....	278,9	I gramme heure = 0,068.	
l.....	2,9		
l p. 100.....	1,02	$\frac{I}{N} = 1,19.$	

Tige.

$p = 1,478$	$v = 25$	$t^o = 16 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	293,2		
Vol. après abs. par KOH.....	286,1	N gramme heure = 0,096.	
N.....	7,1		
N p. 100.....	2,42		

Tige.

$p = 1,412$	$v = 25$	$t^o = 16 \frac{1}{2}$	$d = 4$
Volume initial.....	298,8		
Vol. après abs. par KOH.....	291,9	I gramme heure = 0,096.	
l.....	6,9		
l p. 100.....	2,30	$\frac{I}{N} = 1,00.$	

Smyrnium Olusatrum L.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$

2 limbes coupés avant l'apparition des fleurs.

$p = 1,062$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	315,2		
Vol. après abs. par KOH.....	307,0	N gramme heure = 0,146.	
N.....	8,2		
N p. 100.....	2,60		

3 limbes.

$p = 1,676$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	313,7		
Vol. après abs. par KOH.....	307,0	I gramme heure = 0,074.	
I.....	6,7		
I p. 100.....	2,13	$\frac{I}{N} = 0,50.$	

2 pétioles.

$p = 0,381$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	317,8		
Vol. après abs. par KOH.....	315,4	N gramme heure = 0,121.	
N.....	2,4		
N p. 100.....	0,75		

3 pétioles.

$p = 0,489$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	301,6		
Vol. après abs. par KOH.....	298,9	I gramme heure = 0,111.	
I.....	2,7		
I p. 100.....	0,89	$\frac{I}{N} = 0,91.$	

Tige.

$p = 1,818$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	304,7		
Vol. après abs. par KOH.....	300,1	N gramme heure = 0,047.	
N.....	4,6		
N p. 100.....	1,50		

Tige.

$p = 1,960$	$v = 25$	$t^0 = 18$	$d = 4$
Volume initial.....	310,4		
Vol. après abs. par KOH.....	302,7	I gramme heure = 0,072.	
I.....	7,7		
I p. 100.....	2,48	$\frac{I}{N} = 1,53.$	

Rumex Lunaria L.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$

2 limbes.

$p = 1,258$	$v = 25$	$t^0 = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	407,0		
Vol. après abs. par KOH.....	395,2	N gramme heure = 0,136.	
N.....	11,8		
N p. 100.....	2,89		

2 limbes.

$p = 1,630$	$v = 25$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	404,0		
Vol. après abs. par KOH.....	399,5	1 gramme heure = 0,039.	
l.....	4,5		
l p. 100.....	1,11	$\frac{1}{N} = 0,28.$	

2 pétioles.

$p = 0,283$	$v = 10$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	409,8		
Vol. après abs. par KOH.....	405,7	N gramme heure = 0,083.	
N.....	4,1		
N p. 100.....	1,00		

2 pétioles.

$p = 0,230$	$v = 10$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	417,0		
Vol. après abs. par KOH.....	412,8	I gramme heure = 0,106.	
l.....	4,2		
l p. 100.....	1,00	$\frac{I}{N} = 1,24.$	

Tige.

$p = 0,594$	$v = 15$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	408,5		
Vol. après abs. par KOH.....	401,7	N gramme heure = 0,100.	
N.....	6,8		
N p. 100.....	1,66		

Tige.

$p = 0,593$	$v = 15$	$t^{\circ} = 17$	$d = 4$
Volume initial.....	402,1		
Vol. après abs. par KOH.....	396,7	1 gramme heure = 0,081.	
l.....	5,4		
l p. 100.....	1,34	$\frac{1}{N} = 0,80.$	

Sambucus nigra L.Air atmosphérique $CO^2 = 0$

2 limbes coupés avant la floraison.

$p = 2,400$	$v = 25$	$t^{\circ} = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	304,7		
Vol. après abs. par KOH.....	286,8	N gramme heure = 0,160.	
N.....	17,9		
N p. 100.....	5,87		

2 limbes.

$p = 1,877$	$v = 25$	$t^{\circ} = 16$	$d = 4$
Volume initial.....	306,2		
Vol. après abs. par KOH.....	296,7	I gramme heure = 0,095.	
l.....	9,5		
l p. 100.....	3,10	$\frac{I}{N} = 0,59.$	

Tige.

$p = 0,931$	$v = 25$	$t^{\circ} = 16$	$d = 4$
-------------	----------	------------------	---------

Volume initial.....	292,8	
Vol. après abs. par KOH.....	288,3	N gramme heure = 0,098.
N.....	4,5	
N p. 100.....	1,53	

Tige.

$p=1,995$	$v=25$	$t^{\circ}=16$	$d=4$
Volume initial.....	305,8		
Vol. après abs. par KOH.....	297,5	I gramme heure = 0,077.	
I.....	8,3		
I p. 100.....	2,71	$\frac{1}{N}=0,78.$	

Rubia peregrina L.Air atmosphérique $\text{CO}^2=0$

19 limbes cueillis avant la floraison.

$p=0,560$	$v=15$	$t^{\circ}=16 \frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....	397,4		
Vol. après abs. par KOH.....	389,6	N gramme heure = 0,126.	
N.....	7,8		
N p. 100.....	1,96		

19 limbes.

$p=0,595$	$v=15$	$t^{\circ}=16 \frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....	393,2		
Vol. après abs. par KOH.....	387,4	I gramme heure = 0,088.	
I.....	5,8		
I p. 100.....	1,47	$\frac{1}{N}=0,69.$	

Tige.

$p=1,068$	$v=25$	$t^{\circ}=16 \frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....	394,7		
Vol. après abs. par KOH.....	390,2	N gramme heure = 0,063.	
N.....	4,5		
N p. 100.....	1,14		

Tige.

$p=1,281$	$v=25$	$t^{\circ}=16 \frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....	406,8		
Vol. après abs. par KOH.....	401,5	I gramme heure = 0,060.	
I.....	5,3		
I p. 100.....	1,30	$\frac{1}{N}=0,95.$	

Bryonia dioica Jacq.Air atmosphérique $\text{CO}^2=0$

2 limbes coupés avant l'apparition des fleurs.

$p=3,175$	$v=25$	$t^{\circ}=17$	$d=4$
Volume initial.....	305,1		
Vol. après abs. par KOH.....	279,1	N gramme heure = 0,146.	
N.....	26,0		
N p. 100.....	8,52		

2 *limbes*.

$p=3,212$	$v=25$	$t^{\circ}=17$	$d=4$
Volume initial.....	311,2		
Vol. après abs. par KOH.....	302,0	I gramme heure = 0,050.	
I.....	9,2		
I p. 100.....	2,95	$\frac{I}{N}=0,34.$	

2 *pétioles*.

$p=0,564$	$v=25$	$t^{\circ}=17$	$d=4$
Volume initial.....	303,9		
Vol. après abs. par KOH.....	301,1	N gramme heure = 0,099.	
N.....	2,8		
N p. 100.....	0,92		

2 *pétioles*.

$p=0,620$	$v=25$	$t^{\circ}=17$	$d=4$
Volume initial.....	302,5		
Vol. après abs. par KOH.....	301,0	I gramme heure = 0,048.	
I.....	1,5		
I p. 100.....	0,49	$\frac{I}{N}=0,48.$	

Tige.

$p=1,227$	$v=25$	$t^{\circ}=17$	$d=4$
Volume initial.....	302,1		
Vol. après abs. par KOH.....	297,1	N gramme heure = 0,079.	
N.....	5,0		
N p. 100.....	1,65		

Tige.

$p=1,243$	$v=25$	$t^{\circ}=17$	$d=4$
Volume initial.....	305,5		
Vol. après abs. par KOH.....	301,8	I gramme heure = 0,057.	
I.....	3,7		
I.....	1,21	$\frac{I}{N}=0,72.$	

Dans les expériences précédentes j'ai étudié les respirations normale et intramoléculaire sur des objets différents, placés en même temps, les uns dans l'air, les autres dans l'hydrogène; au contraire, dans la comparaison du limbe et de la racine, des cladodes et de la tige, je me suis servi des mêmes matériaux, exposés successivement, d'abord dans l'air, puis dans une atmosphère d'hydrogène.

Ruscus hypophyllum L.Air atmosphérique $\text{CO}_2=0$ 4 *cladodes* coupées après la chute des fruits.

$p=4,686$	$v=25$	$t^{\circ}=15$	$d=3$
Volume initial.....	401,1		
Vol. après abs. par KOH.....	389,1	N gramme heure = 0,043.	
N.....	12,0		

N p. 100.....	2,99	
Volume initial.....	395,0	
Vol. après abs. par KOH.....	384,0	I gramme heure = 0,040.
I.....	41,0	
I p. 100.....	2,78	$\frac{I}{N} = 0,93.$

Tige.

	$p = 3,008$	$v = 15$	$t^0 = 15$	$d = 3$
Volume initial.....	388,8			
Vol. après abs. par KOH.....	382,5			N gramme heure = 0,024.
N.....	6,3			
N p. 100.....	4,62			
Volume initial.....	389,9			
Vol. après abs. par KOH.....	382,8			I gramme heure = 0,024.
I.....	7,1			
I p. 100.....	1,82			$\frac{I}{N} = 1,12.$

Borrago officinalis L.

Air atmosphérique $CO^2 = 0$

4 limbe coupé avant la floraison.

	$p = 2,260$	$v = 20$	$t^0 = 15 \frac{1}{2}$	$d = 2,48'$
Volume initial.....	388,6			
Vol. après abs. par KOH.....	378,8			N gramme heure = 0,070.
N.....	9,8			
N p. 100.....	2,52			
Volume initial.....	388,4			
Vol. après abs. par KOH.....	385,7			I gramme heure = 0,049.
I.....	2,7			
I p. 100.....	0,69			$\frac{I}{N} = 0,27.$

4 racine.

	$p = 1,467$	$v = 15$	$t^0 = 15 \frac{1}{2}$	$d = 2,48'$
Volume initial.....	415,7			
Vol. après abs. par KOH.....	406,6			N gramme heure = 0,071.
N.....	9,1			
N p. 100.....	2,18			
Volume initial.....	382,8			
Vol. après abs. par KOH.....	377,2			I gramme heure = 0,047.
I.....	5,6			
I p. 100.....	1,46			$\frac{I}{N} = 0,66.$

Cerithe aspera Roth

Air atmosphérique $CO^2 = 0$

4 limbes pris sur le même pied avant l'apparition des fleurs.

	$p = 2,805$	$v = 25$	$t^0 = 15$	$d = 2$
Volume initial.....	391,6			
Vol. après abs. par KOH.....	385,3			N gramme heure = 0,063.
N.....	6,3			

N p. 100.....	1,60	
Volume initial.....	392,1	
Vol. après abs. par KOH.....	389,2	1 gramme heure = 0,028.
I.....	2,9	
I p. 100.....	0,73	$\frac{I}{N} = 0,45.$
1 racine.		
$p = 4,425$	$v = 25$	$t^o = 15$ $d = 2$
Volume initial.....	390,7	
Vol. après abs. par KOH.....	381,2	N gramme heure = 0,056.
N.....	9,5	
N p. 100.....	2,43	
Volume initial.....	394,4	
Vol. après abs. par KOH.....	388,0	1 gramme heure = 0,037.
I.....	6,4	
I p. 100.....	1,62	$\frac{I}{N} = 0,66.$

Achyranthes argentea Lamk.Air atmosphérique $CO^2 = 0$

8 limbes pris sur le même pied avant l'apparition des fleurs.

$p = 1,528$	$v = 20$	$t^o = 15$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	393,0		
Vol. après abs. par KOH.....	385,3	N gramme heure = 0,094.	
N.....	7,7		
N p. 100.....	1,95		
Volume initial.....	389,6		
Vol. après abs. par KOH.....	385,1	1 gramme heure = 0,056.	
I.....	4,5		
I p. 100.....	1,15	$\frac{I}{N} = 0,59.$	

1 racine.

$p = 3,135$	$v = 25$	$t^o = 15$	$d = 2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	395,1		
Vol. après abs. par KOH.....	388,4	N gramme heure = 0,047.	
N.....	6,7		
N p. 100.....	1,69		
Volume initial.....	392,7		
Vol. après abs. par KOH.....	387,3	1 gramme heure = 0,038.	
I.....	5,4		
I p. 100.....	1,37	$\frac{I}{N} = 0,81.$	

Erodium moschatum L'Hérit.Air atmosphérique $CO^2 = 0$

15 limbes pris sur 4 pieds au début de la floraison.

$p = 0,836$	$v = 10$	$t^o = 14 \frac{1}{2}$	$d = 1,15'$
Volume initial.....	390,5		
Vol. après abs. par KOH.....	382,6	N gramme heure = 0,172.	
N.....	7,9		

N p. 100.....	2,02	
Volume initial.....	432,1	
Vol. après abs. par KOH.....	428,1	I gramme heure = 0,078.
I.....	4,0	
I p. 100.....	0,92	$\frac{I}{N} = 0,45.$
<i>4 racines.</i>		
$p = 2,600$	$v = 20$	$t^o = 14\ 1/2$
		$d = 1,15'$
Volume initial.....	403,7	
Vol. après abs. par KOH.....	394,7	N gramme heure = 0,118.
N.....	9,0	
N p. 100.....	2,22	
Volume initial.....	396,0	
Vol. après abs. par KOH.....	391,0	I gramme heure = 0,067.
I.....	5,00	
I p. 100.....	1,26	$\frac{I}{N} = 0,56.$

J'ai résumé dans le tableau suivant les résultats obtenus pour les intensités respiratoires normale et intramoléculaire (N et I gramme heure) et pour le rapport $\frac{I}{N}$.

ESPÈCES	N GRAMME HEURE				I GRAMME HEURE				I N			
	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Racines.	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Racines.	Limbes.	Pétioles.	Tiges.	Racines.
<i>Clematis cirrhosa</i>	0,178	0,089	0,124	»	0,085	0,060	0,075	»	0,47	0,67	0,60	»
<i>Lavatera alba</i>	0,405	0,057	0,113	»	0,073	0,050	0,080	»	0,69	0,87	0,70	»
<i>Fumaria capreolata</i>	0,235	0,132	0,095	»	0,059	0,062	0,057	»	0,25	0,47	0,60	»
<i>Erodium moschatum</i>	0,247	0,085	»	»	0,033	0,041	»	»	0,21	0,48	»	»
<i>Potentilla reptans</i>	0,210	0,083	»	»	0,125	0,056	»	»	0,59	0,67	»	»
<i>Vicia Faba</i>	0,111	0,041	0,062	»	0,051	0,043	0,056	»	0,46	1,04	0,90	»
<i>Psoralea bituminosa</i>	0,113	0,057	0,096	»	0,069	0,068	0,096	»	0,61	1,19	1,00	»
<i>Smyrniolum Olusatrum</i>	0,146	0,121	0,047	»	0,074	0,111	0,072	»	0,50	0,91	1,53	»
<i>Rumex Lunaria</i>	0,136	0,085	0,100	»	0,039	0,106	0,081	»	0,28	1,24	0,80	»
<i>Sambucus nigra</i>	0,160	»	0,098	»	0,095	»	0,077	»	0,59	»	0,78	»
<i>Rubia peregina</i>	0,126	»	0,063	»	0,088	»	0,060	»	0,69	»	0,95	»
<i>Bryonia dioica</i>	0,146	0,099	0,079	»	0,050	0,048	0,057	»	0,34	0,48	0,72	»
	Cladodes.				Cladodes.				Cladodes.			
<i>Ruscus hypophyllum</i>	0,043	»	0,021	»	0,040	»	0,024	»	0,93	»	1,12	»
<i>Borrago officinalis</i>	0,070	»	»	0,071	0,019	»	»	0,047	0,27	»	»	0,66
<i>Cerinthe aspera</i>	0,063	»	»	0,056	0,028	»	»	0,037	0,45	»	»	0,66
<i>Achyrantes argentea</i>	0,094	»	»	0,047	0,056	»	»	0,038	0,59	»	»	0,81
<i>Erodium moschatum</i>	0,172	»	»	0,118	0,078	»	»	0,067	0,45	»	»	0,56

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

I. — On n'observe pas, dans l'activité de la respiration intramoléculaire des organes végétatifs, les mêmes différences que pendant leur respiration normale : en un mot, dans une atmosphère dépourvue d'oxygène, le limbe ne se distingue pas du pétiole, de la tige, de la racine, par une supériorité nettement marquée dans le dégagement de CO^2 . Ainsi, les valeurs de I pour le limbe, le pétiole et la tige, respectivement égales à 0,685, 0,060 et 0,075 (*Clematis cirrhosa*), à 0,073, 0,050 et 0,080 (*Lavatera olbia*), à 0,059, 0,062 et 0,057 (*Fumaria capreolata*), à 0,051, 0,043 et 0,056 (*Vicia Faba*), à 0,125 et 0,056 (*Potentilla reptans*), à 0,039, 0,106 et 0,081 (*Rumex Lunaria*), à 0,074, 0,111 et 0,072 (*Smyrniium Olusatrum*), de même que les valeurs de I, pour le limbe et la racine, égales à 0,028 et 0,037 (*Cerinthe aspera*), à 0,056 et 0,038 (*Achyranthes argentea*), et à 0,078 et 0,067 (*Erodium moschatum*), montrent qu'en vie anaérobie les organes végétatifs des plantes vasculaires dégagent la plupart du temps des quantités sensiblement égales d'acide carbonique.

II. — D'une manière à peu près générale, le limbe produit moins d'acide carbonique dans une atmosphère privée d'oxygène, que dans l'air ; le rapport $\frac{I}{N}$ est donc plus petit que l'unité. Les valeurs de ce rapport, souvent inférieures ou égales à $\frac{1}{2}$

(*Clematis cirrhosa* : 0,47 ; *Fumaria capreolata* : 0,25 ; *Erodium moschatum* : 0,21 ; *Vicia Faba* : 0,46 ; *Smyrniium Olusatrum* : 0,50 ; *Rumex Lunaria* : 0,28 ; *Bryonia dioica* : 0,34 ; *Borrago officinalis* : 0,27 ; *Cerinthe aspera* : 0,45), dépassent rarement 0,70 (*Lavatera olbia* : 0,69 ; *Potentilla reptans* : 0,59 ; *Psoralea bituminosa* : 0,61 ; *Sambucus nigra* : 0,59 ; *Rubia peregrina* : 0,69 ; *Achyranthes argentea* : 0,59), c'est-à-dire environ $\frac{2}{3}$, sauf cependant dans le *Ruscus hypophyllum*, où le rapport $\frac{I}{N}$ est presque égal à l'unité, à 0,93, pour des cladodes

âgées d'un an (1). La loi, énoncée au début de ce paragraphe, générale pour les plantes herbacées, à feuilles caduques, ne s'applique pas toujours aux végétaux ligneux à feuillage persistant. Dans ce cas, I voisin de N, comme le montre l'expérience que je viens de citer sur le *Ruscus hypophyllum*, peut être supérieur à N, ainsi que l'indique une expérience décrite plus loin sur le *Ceratonia Siliqua*, où $\frac{I}{N}$ est égal, pour des limbes âgés d'un an, à 1,25.

Pour les autres organes végétatifs, pétiole, tige, racine, le rapport $\frac{I}{N}$ est très rarement inférieur ou égal à $\frac{1}{2}$, et pour le pétiole seulement (*Erodium moschatum* : 0,48 ; *Fumaria capreolata* : 0,47 ; *Bryonia dioica* : 0,48) ; le plus souvent $\frac{I}{N}$ est supérieur à $\frac{1}{2}$ (*Clematis cirrhosa* : pétiole 0,67, tige 0,60 ; *Lavatera olbia* : pétiole 0,87, tige 0,70 ; *Fumaria capreolata* : tige 0,60 ; *Sambucus nigra* : tige 0,78 ; *Bryonia dioica* : tige 0,72 ; *Borrago officinalis* : racine 0,66 ; *Cerlinthe aspera* : racine 0,66 ; *Achyranthes argentea* : racine 0,81) ; quelquefois même $\frac{I}{N}$ se rapproche de l'unité et peut la dépasser (*Vicia Faba* : pétiole 1,04, tige 0,90 ; *Psoralea bituminosa* : pétiole 1,19, tige 1,00 ; *Smyrniun Olusatrum* : pétiole 0,94, tige 1,53 ; *Rumex Lunaria* : pétiole 1,24 ; *Ruscus hypophyllum* : tige 1,12).

III. — Il résulte naturellement de ce qui vient d'être dit que, de tous les organes végétatifs, le limbe est celui qui présente le rapport $\frac{I}{N}$ le moins élevé. Ainsi, les valeurs de ce rapport, pour le limbe, le pétiole et la tige, sont respectivement égales à 0,25, 0,47 et 0,60 (*Fumaria capreolata*), à 0,34, 0,48 et 0,72 (*Bryonia dioica*), à 0,47, 0,67 et 0,60 (*Clematis cirrhosa*), à 0,46, 1,04 et 0,90 (*Vicia Faba*), à 0,61, 1,19 et 1,00 (*Psoralea*

(1) Cette valeur élevée du rapport $\frac{I}{N}$ s'explique, car certains auteurs, Stich, Amm, ont montré, et j'ai eu l'occasion de vérifier leurs observations au cours de mes recherches, que ce rapport augmente avec l'âge des organes.

bituminosa), à 0,50, 0,91, et 1,53 (*Smyrniun Olusatrum*), et à 0,28, 1,24 et 0,80 (*Rumex Lunaria*) ; pour le limbe et la racine, les valeurs de $\frac{I}{N}$ sont égales à 0,27 et 0,66 (*Borrigo officinalis*), à 0,45 et 0,66 (*Cerithe aspera*), à 0,59 et 0,81 (*Achyranthes argentea*), à 0,45 et 0,56 (*Erodium moschatum*).

CHAPITRE V

INFLUENCE DE L'AÉRATION DES TISSUS SUR LA RESPIRATION

Il résulte des expériences qui ont été décrites précédemment qu'au point de vue respiratoire, et comparativement au pétiole, à la tige et à la racine, le limbe peut être caractérisé de la façon suivante : c'est l'organe qui respire le plus activement, absorbe la plus grande quantité d'oxygène et dont le quotient respiratoire et le rapport $\frac{I}{N}$ présentent les valeurs les moins élevées.

J'ai pensé à rechercher si certains caractères anatomiques du limbe ne pourraient pas expliquer cette physiologie respiratoire particulière, et mon attention a été d'abord attirée par la facilité spéciale que cet organe offre à la circulation des gaz, en raison de la grande surface, des nombreux stomates et des lacunes plus développées qu'il présente.

La question de la pénétration et de la sortie des gaz chez les végétaux a été très discutée ; certains auteurs, parmi lesquels on peut citer Garreau, Sachs, Mangin, Blackmann, admettent que le passage des gaz s'effectue surtout par filtration à travers les stomates ; d'autres, au contraire, Boussingault, Barthélemy, Wiesner et Molisch, prétendent qu'il se fait presque exclusivement par diffusion au travers de la cuticule et attribuent aux stomates un rôle tout à fait secondaire dans ce passage.

L'hypothèse de la possibilité d'une certaine relation entre l'énergie respiratoire et le nombre des stomates existant sur une surface donnée a été émise par Dehérain et Moissan. Mais le rôle de ces petites ouvertures dans la respiration a été mis en évidence par les recherches de MANGIN. En recouvrant d'une couche

de gélatine glycérinée deux feuilles aussi identiques que possible, l'une à la face inférieure, l'autre à la face supérieure, et en les plaçant à l'obscurité, chacune dans une éprouvette renfermant le même volume d'air atmosphérique normal, Mangin a constaté que la respiration est moins intense quand les feuilles sont gélatinées à la face inférieure, c'est-à-dire quand tous les stomates, ou du moins la plus grande partie d'entre eux, sont bouchés. La diminution dans l'activité des échanges gazeux pourrait même varier, dans certains cas, dans une proportion de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{3}$. Cet auteur ne s'est occupé que de l'intensité respiratoire normale : il utilise la gélatine glycérinée à 10 p. 100, fusible à 30°, qu'il préfère à la vaseline qui, dit-il, supprime la perméabilité de la surface. L'emploi de la gélatine a été critiqué par WIESNER et MOLISCH ; on verra plus loin pour quelles raisons j'ai dû renoncer à m'en servir. L'occlusion des stomates a donc pour effet d'atténuer l'énergie respiratoire ; il reste à rechercher quelle influence elle exerce sur le quotient $\frac{CO_2}{O}$, sur la respiration intramoléculaire et le rapport $\frac{I}{N}$; c'est ce qui fera l'objet de ce chapitre.

Les expériences ont porté soit sur la même feuille, soit sur des feuilles opposées, soit sur des moitiés de feuilles, en un mot sur des éléments aussi comparables que possible. Par exemple, j'étudie la respiration d'une feuille pendant un temps assez court, puis je la recouvre partiellement ou totalement d'un enduit et la replace dans les mêmes conditions que la première fois. La plupart du temps je choisis un certain nombre de feuilles que je répartissais en deux lots ; dans l'un des lots la surface des feuilles est laissée libre, dans l'autre la face inférieure est recouverte de vaseline ; j'expose alors chacun de ces lots, à l'obscurité, pendant le même temps, dans un volume déterminé d'air atmosphérique ou d'hydrogène.

Il est nécessaire de s'assurer d'abord, avant d'étudier l'influence exercée par la diminution du nombre des stomates, que les objets d'expériences sont bien comparables entre eux et que

les différences observées dans les résultats ne sont pas dues à des variations individuelles. Dans ce but il suffit de comparer la respiration de deux feuilles opposées, ou de deux feuilles prises sur deux rameaux voisins, au même degré de développement, ou encore des deux moitiés d'une même feuille (obtenues par exemple par deux sections parallèles faites de chaque côté de la nervure médiane). Les chiffres obtenus montrent bien l'identité presque absolue, au point de vue respiratoire, entre les éléments mis en expérience. Ainsi, avec deux feuilles opposées sans pétiole de *Psidium Cattleianum* Lindl., l'intensité et le quotient respiratoires ont été égaux, pour l'une d'elles, à 0,150 et 0,70 et pour l'autre à 0,140 et 0,71.

Dans ces conditions, je me suis d'abord servi, pour obturer les stomates, de gélatine glycinée, obtenue en faisant dissoudre 15 grammes de gélatine dans 30 centimètres cubes d'eau et en ajoutant 60 grammes de glycérine. L'emploi de cette substance m'a donné de nombreux déboires et j'ai observé fréquemment que les feuilles, qui en avaient été enduites, respiraient plus activement que celles dont la surface était restée libre. Les expériences suivantes sont très démonstratives à ce sujet.

Un limbe de *Citrus Aurantium* L. est placé, aussitôt coupé, dans un volume de 25 centimètres cubes à l'obscurité, pendant une heure ; au bout de ce temps, le même limbe est recouvert à sa face inférieure d'une couche de gélatine glycinée et reporté dans les mêmes conditions que la première fois.

L'analyse des gaz a donné pour la première expérience :

CO ² gramme heure.....	0,109
O —	0,164
CO ²	
$\frac{O}{CO^2}$	0,66

et pour la deuxième :

CO ² gramme heure.....	0,129
O —	0,244
CO ²	
$\frac{O}{CO^2}$	0,53

L'augmentation de l'intensité respiratoire, pour l'oxygène absorbé, est égale ici à la moitié de sa valeur primitive.

Quatre feuilles opposées de *Psidium Cattleianum*, coupées à

deux nœuds successifs, sont réparties en deux lots, A et B, comprenant chacun un limbe de chaque nœud, par conséquent aussi identiques que possible, comme l'indiquent leurs poids respectifs, 0,930 et 0,947 grammes. Jerecouvre la face inférieure des feuilles du lot B d'une couche de gélatine et j'expose aussitôt A et B à l'obscurité, dans le même volume d'air, pendant quatre heures à la température du laboratoire.

L'analyse des gaz m'a donné les chiffres suivants :

Lot A	{	CO ² gramme heure.....	0,097
		O —	0,127
		CO ²	
		O	0,76
Lot B	{	CO ² gramme heure.....	0,107
		O —	0,151
		CO ²	
		O	0,71

Un limbe de *Sophora secundiflora* Lag. est divisé, par deux sections parallèles faites de chaque côté de la nervure médiane, en deux moitiés, *a* et *b*, dont l'une, *b*, est gélatinée à sa face inférieure ; *a* et *b* sont placées à l'obscurité, dans le même volume d'air, pendant le même temps à la température de 20 degrés.

<i>a</i>	{	CO ² gramme heure.....	0,149
		O —	0,172
		CO ²	
		O	0,86
<i>b</i>	{	CO ² gramme heure.....	0,144
		O —	0,208
		CO ²	
		O	0,69

Un limbe de *Ficus elastica* Roxb. est partagé, comme dans l'expérience précédente, en deux moitiés, *a* et *b* ; *b* est recouverte complètement d'une couche de gélatine.

<i>a</i>	{	CO ² gramme heure.....	0,119
		O —	0,149
		CO ²	
		O	0,80
<i>b</i>	{	CO ² gramme heure.....	0,136
		O —	0,184
		CO ²	
		O	0,74

Ces expériences montrent nettement que la gélatine glycinée active la respiration. D'autre part, j'ai observé qu'à la fin des expériences les feuilles gélatinées présentaient une coloration légèrement jaunâtre et un état de dessiccation assez prononcé. Je m'en suis rendu compte facilement en pesant, avant et après un séjour de quelques heures à l'obscurité, deux limbes dont l'un a été enduit complètement d'une couche de gélatine glycinée. Ainsi, deux limbes de *Psidium Cattlejanum*, A et B, sont placés côte à côte, à l'obscurité, de huit heures et demie du matin à cinq heures et demie du soir; leurs poids respectifs sont, au début, $P = 0,440$ et $P' = 0,450$ grammes; à la fin de l'expérience ces poids sont égaux, le premier à 0,384, le deuxième à 0,316. Le limbe A a perdu par la transpiration 0,056 grammes, tandis que B a subi une diminution de 0,134 grammes. Il y a évidemment, dans ce cas, une perte de poids provoquée par la gélatine glycinée. J'ai dû renoncer, pour cette raison, à employer cette substance et ai pensé à utiliser la végétaline, fusible à basse température. La végétaline provoque, elle aussi, une excitation de la respiration, comme le montre l'expérience suivante : je choisis sur un rameau de *Celastrus edulis* Vahl. quatre groupes de deux feuilles opposées et je recouvre complètement quatre d'entre elles (B) d'une couche de végétaline, de sorte qu'à chaque nœud se trouvent un limbe à surface libre et un limbe complètement enduit de végétaline. Le rameau est placé alors dans un endroit obscur, l'extrémité plongeant dans l'eau, pendant trois heures. Au bout de ce temps les limbes sont coupés et répartis en deux groupes, A et B, que j'expose séparément, dans le même volume d'air et pendant le même temps à l'obscurité. L'analyse des gaz a donné les résultats suivants :

A	{	CO ² gramme heure	0,161
		O —	0,199
		$\frac{CO^2}{O}$	0,80
B	{	CO ² gramme heure	0,201
		O —	0,217
		$\frac{CO^2}{O}$	0,92

Une autre expérience, faite dans les mêmes conditions que

la précédente, avec des limbes de *Ligustrum japonicum* Thunbg. m'a indiqué aussi que la végétaline active la respiration.

A la suite de ces recherches, j'ai renoncé à me servir, pour recouvrir les feuilles, des substances qu'il est nécessaire de rendre liquides avant leur emploi et qui pénètrent sans doute plus facilement dans les tissus que les matières solides, et j'ai employé la vaseline, qui, selon Blackmann, obture parfaitement les stomates et ne présente pas l'inconvénient, observé avec la gélatine glycinée, de dessécher les feuilles.

On a pu remarquer que, dans les expériences qui viennent d'être décrites, et qui ont été faites, pour la plupart, *aussitôt* après avoir détaché les feuilles de la plante, l'occlusion des stomates par la gélatine diminue le quotient respiratoire. Au contraire, en laissant séjourner les rameaux feuillés quelques heures à l'obscurité, avant d'en détacher les limbes et de les introduire dans l'atmosphère confinée, j'ai constaté une augmentation de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ avec les feuilles recouvertes de gélatine ou de

végétaline : c'est ce que montre bien l'expérience faite avec le *Celastrus edulis*, citée plus haut, ainsi que la suivante :

Deux limbes, A et B, de *Psidium Cattleianum*, dont l'un (B) est complètement recouvert d'une couche de gélatine glycinée, mis *aussitôt* dans l'atmosphère confinée, présentent des quotients respiratoires égaux, pour A, à 0,73 et, pour B, à 0,62 ; au contraire, l'expérience faite seulement *après un séjour préalable de trois heures et demie à l'obscurité* donne comme valeurs de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$, pour A, 0,78 et, pour B, 0,86.

Ces variations du quotient respiratoire ne sont pas dues, comme on pourrait le croire, à la nature de la substance employée, car de nouvelles expériences, effectuées en utilisant la vaseline, ont donné des résultats de même ordre. Ainsi, avec des moitiés de limbes de *Sophora secundiflora*, dont les unes (A) ont leur surface libre, les autres (B) sont recouvertes à la face inférieure d'une couche de vaseline, mises en expérience soit *immédiatement*, soit *après un séjour préalable de deux heures et demie à l'obscurité*, $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ est égal, dans le premier cas, pour A, à 0,77

et, pour B, à 0,52, dans le deuxième cas, pour A, à 0,84 et, pour B, à 0,90.

On peut expliquer ces divergences dans les résultats en admettant que le gaz carbonique est retenu au début à l'intérieur des tissus, par suite de la résistance qu'il éprouve à franchir la face de la feuille gélatinée ou vaselinée; le débit normal de son dégagement ne s'établit alors qu'au bout de quelque temps, lorsque le suc cellulaire en est suffisamment saturé.

Les causes d'erreurs précédentes étant éliminées, voici, d'une manière générale, la technique que j'ai suivie: sur un ou plusieurs rameaux coupés dans la matinée, après avoir choisi deux ou plusieurs feuilles aussi identiques que possible, le plus souvent opposées, je recouvre la face inférieure de l'une ou de plusieurs d'entre elles d'une couche de vaseline, et je place le tout à l'obscurité, l'extrémité de la tige plongeant dans l'eau, pendant deux à trois heures. Au bout de ce temps je détache successivement les limbes laissés intacts (A), puis les limbes vaselinés (B) et expose chacun des lots A et B à l'obscurité, suivant le procédé ordinaire, pour étudier leur respiration normale. Dans les expériences qui ont porté sur la respiration intramoléculaire, je divise auparavant A et B, chacun en deux lots, a et a' , b et b' , que je place séparément, par exemple a et b dans de l'air normal, a' et b' dans une atmosphère d'hydrogène.

Voici la description des expériences (je tiens compte naturellement, dans les calculs, du volume occupé par la vaseline).

Pirus communis L.

Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$ $\text{O} = 20,73$

Deux *limbes* sont coupés au sommet de deux rameaux voisins; celui dont la face inférieure est recouverte de vaseline a une surface un peu plus petite que l'autre.

Limbe non vaseliné.

	$p = 0,548$	$v = 45$	$t = 17$	$d = 3$	
Volume initial.....		399,3			
Vol. après abs. par KOH.....		390,0			CO^2 gramme heure = 0,203.
CO^2		9,3			
CO^2 dégagé p. 100.....		2,32			
Volume initial.....		388,3			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		308,3			O gramme heure = 0,218.
$\text{CO}^2 + \text{O}$		80			
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....		20,60			$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,93.$
O absorbé p. 100.....		2,48			

Limbe vaseliné à la face inférieure.

	$p=0,478$	$v=15$	$t^{\circ}=17$	$d=3$
Volume initial.....		411,8		
Vol. après abs. par KOH.....		406,0	CO_2 gramme heure $= 0,140$.	
CO ₂		5,8		
CO ₂ dégagé p. 100.....		1,40		
Volume initial.....		392,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		310,8	O gramme heure $= 0,140$.	
CO ₂ + O.....		81,2		
CO ₂ + O p. 100.....		20,71	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} = 1,00$.	
O absorbé p. 100.....		1,40		

J'ai étudié aussi sur la même espèce la respiration intramoléculaire : ici, les deux feuilles choisies, A et B, sont divisées chacune en deux moitiés, *a* et *a'*, *b* et *b'*, par deux sections parallèles à la nervure médiane; j'obtiens ainsi quatre moitiés de limbes (sans la nervure médiane), qui sont placées séparément, les unes, *a* et *b*, dans de l'air, les autres, *a'* et *b'*, dans l'hydrogène.

1/2 limbes non vaselinés.

<i>a</i>	$p=0,181$	$v=10$	$t^{\circ}=15\frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....		391,2		
Vol. après abs. par KOH.....		385,1	N gramme heure $= 0,240$.	
N.....		6,1		
N dégagé p. 100.....		1,55		

<i>a'</i>	$p=0,174$	$v=10$	$t^{\circ}=15\frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....		391,9		
Vol. après abs. par KOH.....		388,6	I gramme heure $= 0,118$.	
I.....		3,3		
I p. 100.....		0,84	$\frac{\text{I}}{\text{N}} = 0,56$.	

1/2 limbes vaselinés à la face inférieure.

<i>b</i>	$p=0,202$	$v=10$	$t^{\circ}=15\frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....		395,3		
Vol. après abs. par KOH.....		390,6	N gramme heure $= 0,143$.	
N.....		4,7		
N p. 100.....		1,18		

<i>b'</i>	$p=0,197$	$v=10$	$t^{\circ}=15\frac{1}{2}$	$d=4$
Volume initial.....		410,1		
Vol. après abs. par KOH.....		407,0	I gramme heure $= 0,093$.	
I.....		3,1		
I p. 100.....		0,75	$\frac{\text{I}}{\text{N}} = 0,65$.	

Nerium Oleander L.

Air atmosphérique $\text{CO}_2=0$ $\text{O}=20,74$

Deux limbes sont coupés au même nœud.

1 limbe non vaseliné.

$p=1,115$	$v=25$	$t^0=18$	$d=3$
Volume initial.....	390,8		
Vol. après abs. par KOH.....	385,5		
CO ²	5,3	CO ² gramme heure = 0,096.	
CO ² dégagé p. 100.....	1,35		
Volume initial.....	403,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	321,0	O gramme heure = 0,115.	
CO ² + O.....	82,9		
CO ² + O p. 100.....	20,52	$\frac{CO}{O} = 0,83.$	
O absorbé p. 100.....	1,62		

1 limbe vaseliné à la face inférieure.

$p=1,228$	$v=25$	$t^0=18$	$d=3.$
Volume initial.....	400,4		
Vol. après abs. par KOH.....	396,6	CO ² gramme heure = 0,060.	
CO ²	3,8		
CO ² dégagé p. 100.....	0,94		
Volume initial.....	390,9		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	310,0	O gramme heure = 0,064.	
CO ² + O.....	80,9		
CO ² + O p. 100.....	20,69	$\frac{CO^2}{O} = 0,94.$	
O absorbé p. 100.....	1,00		

Deux feuilles opposées ont servi, comme dans l'expérience précédente, à étudier la respiration intramoléculaire.

1/2 limbes non vaselinés.

a	$p=0,428$	$v=15$	$t^0=16$	$d=4$
Volume initial.....	389,5			
Vol. après abs. par KOH.....	386,0	N gramme heure = 0,0757.		
N.....	3,5			
N p. 100.....	0,89			
a'	$p=0,478$	$v=15$	$t^0=16$	$d=4$
Volume initial.....	392,1			
Vol. après abs. par KOH.....	388,2	I gramme heure = 0,0751.		
I.....	3,9			
I p. 100.....	0,99	$\frac{I}{N} = 0,99.$		

1/2 limbes vaselinés à la face inférieure.

b	$p=0,543$	$v=15$	$t^0=16$	$d=4$
Volume initial.....	390,5			
Vol. après abs. par KOH.....	386,4	N gramme heure = 0,069.		
N.....	4,1			
N p. 100.....	1,04			
b'	$p=0,498$	$v=15$	$t^0=16$	$d=4$
Volume initial.....	410,7			
Vol. après abs. par KOH.....	406,0	I gramme heure = 0,082.		
I.....	4,7			
I p. 100.....	1,14	$\frac{I}{N} = 1,19.$		

Metrosideros vera Rhump.Air atmosphérique $\text{CO}^2=0$ $\text{O}=20,73$ Quatre *feuilles* de l'année précédente sont prises à deux nœuds consécutifs sur le même rameau.2 *limbes non vaselinés*.

$p=0,894$	$v=10$	$t^{\circ}=17$	$d=2$
Volume initial.....	420,2		
Vol. après abs. par KOH.....	417,0	CO^2 gramme heure $=0,038$.	
CO^2	3,2		
CO^2 dégagé p. 100.....	0,76		
Volume initial.....	425,6		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	339,0	O gramme heure $=0,063$.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$	86,6		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....	20,34	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}=0,60$.	
O absorbé p. 100.....	1,23		

2 *limbes vaselinés à la face inférieure*.

$p=0,900$	$v=10$	$t^{\circ}=17$	$d=2$
Volume initial.....	405,6		
Vol. après abs. par KOH.....	403,3	CO^2 gramme heure $=0,028$.	
CO^2	2,3		
CO^2 dégagé p. 100.....	0,56		
Volume initial.....	404,1		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	321,0	O gramme heure $=0,039$.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$	83,1		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....	20,56	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}=0,72$.	
O absorbé p. 100.....	0,77		

Huit *feuilles* opposées sont coupées à quatre nœuds successifs.1/2 *limbes non vaselinés*.

a	$p=0,547$	$v=10$	$t^{\circ}=15$	$d=3$
Volume initial.....	403,3			
Vol. après abs. par KOH.....	398,0	N gramme heure $=0,075$.		
N	5,3			
N p. 100.....	1,31			
a'	$p=0,567$	$v=10$	$t^{\circ}=15$	$d=3$
Volume initial.....	396,3			
Vol. après abs. par KOH.....	391,1	I gramme heure $=0,072$.		
I	5,2			
I p. 100.....	1,31	$\frac{\text{I}}{\text{N}}=0,96$.		

1/2 *limbes vaselinés à la face inférieure*.

b	$p=0,556$	$v=10$	$t^{\circ}=15$	$d=3$
Volume initial.....	396,1			
Vol. après abs. par KOH.....	392,3	N gramme heure $=0,053$.		
N	3,8			
N p. 100.....	0,95			

b'	$p = 0,563$	$r = 10$	$t^o = 15$	$d = 3$
Volume initial.....	392,0			
Vol. après abs. par KOH.....	387,0			1 gramme heure = 0,070.
l	5			
l p. 100.....	1,27		$\frac{1}{N} = 1,32.$	

Celastrus edulis Vahl.Air atmosphérique $CO^2 = 0$ $O = 20,74$ Huit feuilles opposées sont coupées à quatre nœuds successifs du même rameau.
1/2 limbes non vaselinés.

a	$p = 0,437$	$v = 40$	$t^o = 16$	$d = 3$
Volume initial.....	394,1			
Vol. après abs. par KOH.....	385,2			CO^2 gramme heure = 0,164.
CO^2	8,9			
CO^2 dégagé p. 100.....	2,25			
Volume initial.....	401,6			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	349,3			O gramme heure = 0,188.
$CO^2 + O$	82,3			
$CO^2 + O$ p. 100.....	20,49		$\frac{CO^2}{O} = 0,87.$	
O absorbé p. 100.....	2,56			
a'	$p = 0,412$	$v = 40$	$t^o = 16$	$d = 3$
Volume initial.....	389,6			
Vol. après abs. par KOH.....	385,7			1 gramme heure = 0,077.
l	3,9			
l p. 100.....	1,00		$\frac{1}{N} = 0,47.$	

1/2 limbes vaselinés à la face inférieure.

b	$p = 0,365$	$v = 10$	$t^o = 16$	$d = 3$
Volume initial.....	412,4			
Vol. après abs. par KOH.....	405,8			CO^2 gramme heure = 0,140.
CO^2	6,6			
CO^2 dégagé p. 100.....	1,60			
Volume initial.....	398,9			
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	316,3			O gramme heure = 0,144.
$CO^2 + O$	82,6			
$CO^2 + O$ p. 100.....	20,70		$\frac{CO^2}{O} = 0,97.$	
O absorbé p. 100.....	1,65			
b'	$p = 0,355$	$r = 10$	$t^o = 16$	$d = 3$
Volume initial.....	401,8			
Vol. après abs. par KOH.....	397,9			1 gramme heure = 0,087.
l	3,9			
l p. 100.....	0,97		$\frac{1}{N} = 0,62.$	

Viburnum Tinus L.Air atmosphérique $CO^2 = 0$ $O = 20,76$ Deux feuilles opposées sont coupées sur un rameau portant déjà quelques fleurs.
1 limbe non vaseliné.

$p=0,661$	$v=15$	$t^0=17$	$d=2$
Volume initial.....	398,6		
Vol. après abs. par KOH.....	396,6	CO^2 gramme heure = 0,054.	
CO ²	2,0		
CO ² dégagé p. 100.....	0,50		
Volume initial.....	392,1		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	311,1	O gramme heure = 0,068.	
CO ² + O.....	81,0		
CO ² + O p. 100.....	20,65	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,79.$	
O absorbé p. 100.....	0,63		
<i>1 limbe vaseliné à la face inférieure.</i>			
$p=0,796$	$v=15$	$t^0=17$	$d=2$
Volume initial.....	391,3		
Vol. après abs. par KOH.....	389,1	CO^2 gramme heure = 0,049.	
CO ²	2,2		
CO ² dégagé p. 100.....	0,56		
Volume initial.....	391,3		
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	310,3	O gramme heure = 0,055.	
CO ² + O.....	81,0		
CO ² + O p. 100.....	20,70	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,88.$	
O absorbé p. 100.....	0,63		

Raphiolepis ovata.Air atmosphérique $\text{CO}^2=0$ O = 20,74

Deux feuilles sont prises au sommet de deux rameaux voisins.

1 limbe non vaseliné.

$p=0,855$	$v=10$	$t^0=17$	$d=2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	399,0		
Vol. après abs. par KOH.....	394,9	CO^2 gramme heure = 0,043.	
CO ²	4,1		
CO ² dégagé p. 100.....	1,02		
Volume initial....	414,6		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	330,1	O gramme heure = 0,062.	
CO ² + O.....	84,5		
CO ² + O p. 100.....	20,38	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,69.$	
O absorbé p. 100.....	1,47		

1 limbe vaseliné à la face inférieure.

$p=0,707$	$v=10$	$t^0=17$	$d=2 \frac{1}{2}$
Volume initial.....	392,9		
Vol. après abs. par KOH.....	389,9	CO^2 gramme heure = 0,039.	
CO ²	3,0		
CO ² dégagé p. 100.....	0,76		
Volume initial.....	387,0		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	307,0	O gramme heure = 0,043.	
CO ² + O.....	80,0		
CO ² + O p. 100.....	20,67	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,89.$	
O absorbé p. 100.....	0,85		

Psoralea bituminosa L.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$ $\text{O} = 20,73$ Six feuilles opposées sont coupées à trois nœuds, sur deux branches voisines.
1/2 limbes non vaselinés.

<i>a</i>	$p = 0,427$	$v = 10$	$t^0 = 16$	$d = 3$
Volume initial.....		389,9		
Vol. après abs. par KOH.....		380,5	CO^2 gramme heure = 0,180.	
CO^2		9,4		
CO^2 dégagé p. 100.....		2,41		
Volume initial.....		432,7		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		345,5	O gramme heure = 0,236.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$		87,2		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....		20,15	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,76.$	
O absorbé p. 100.....		3,14		
<i>a'</i>	$p = 0,430$	$v = 10$	$t^0 = 16$	$d = 3$
Volume initial.....		394,6		
Vol. après abs. par KOH.....		390,9	I gramme heure = 0,069.	
I		3,7		
I p. 100.....		0,93	$\frac{\text{I}}{\text{N}} = 0,38.$	

1/2 limbes vaselinés à la face inférieure.

<i>b</i>	$p = 0,450$	$v = 10$	$t^0 = 16$	$d = 3$
Volume initial.....		383,2		
Vol. après abs. par KOH.....		374,2	CO^2 gramme heure = 0,165.	
CO^2		9,0		
CO^2 dégagé p. 100.....		2,34		
Volume initial.....		384,5		
Vol. après abs. par pyrog. KOH..		306,8	O gramme heure = 0,211.	
$\text{CO}^2 + \text{O}$		77,7		
$\text{CO}^2 + \text{O}$ p. 100.....		20,20	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,78.$	
O observé p. 100.....		3,00		
<i>b'</i>	$p = 0,436$	$v = 10$	$t^0 = 16$	$d = 3$
Volume initial.....		429,3		
Vol. après abs. par KOH.....		424,8	I gramme heure = 0,076.	
I		4,5		
I p. 100.....		1,04	$\frac{\text{I}}{\text{N}} = 0,46.$	

Ceratonia Siliqua L.Air atmosphérique $\text{CO}^2 = 0$ $\text{O} = 20,73$

Quatre feuilles opposées, de l'année précédente, sont coupées à deux nœuds successifs du même rameau.

1/2 limbes non vaselinés.

<i>a</i>	$p = 0,533$	$v = 10$	$t^0 = 17$	$d = 3$
Volume initial.....		391,2		
Vol. après abs. par KOH.....		385,2	CO^2 gramme heure = 0,090.	
CO^2		6,0		
CO^2 dégagé p. 100.....		4,53		

Volume initial.....	396,8	
Vol. après abs. par pyrog. KOH...	315,9	O gramme heure = 0,416.
CO ² + O.....	80,9	
CO ² + O p. 100....	20,38	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,77.$
O absorbé p. 100.....	1,97	
a' p = 0,517	v = 10	t° = 17 d = 3
Volume initial.....	387,0	
Vol. après abs. par KOH.....	379,7	I gramme heure = 0,414.
l.....	7,3	
I p. 100.....	1,88	$\frac{\text{I}}{\text{N}} = 1,26.$
1/2 limbes vaselinés à la face inférieure.		
b p = 0,550	v = 10	t° = 17 d = 3
Volume initial.....	394,2	
Vol. après abs. par KOH.....	389,2	CO ² gramme heure = 0,072.
CO ²	5,00	
CO ² dégagé p. 100.....	1,26	
Volume initial.....	394,3	
Vol. après abs. par pyrog. KOH..	313,6	O gramme heure = 0,092.
CO ² + O.....	80,7	
CO ² + O p. 100.....	20,46	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}} = 0,78.$
O absorbé p. 100.....	1,60	
b' p = 0,593	v = 10	t° = 17 d = 3
Volume initial.....	388,0	
Vol. après abs. par KOH.....	379,8	I gramme heure = 0,411.
l.....	8,2	
I p. 100.....	2,11	$\frac{\text{I}}{\text{N}} = 1,54.$

On voit immédiatement que les limbes foliaires, recouverts de vaseline, chez lesquels tous les stomates, ou du moins le plus grand nombre d'entre eux, sont bouchés, présentent, relativement aux limbes normaux, une énergie respiratoire plus faible, un quotient respira-

toire et un rapport $\frac{\text{I}}{\text{N}}$ plus élevés; ce sont précisément les caractères qui distinguent, comme on l'a vu, le limbe des autres parties végétatives (pétiole, tige). On est donc autorisé à admettre, au point de vue respiratoire, une certaine analogie entre les limbes vaselinés et ces derniers organes. La tige, le pétiole présentent, en effet, relativement au limbe, non seulement une surface beaucoup plus petite sous le même poids, mais en outre, pour la même surface, des stomates moins nombreux, toutes causes qui rendent plus difficiles les échanges gazeux. Il est d'ailleurs facile de s'en rendre compte en étudiant la transpira-

tion comparée du limbe, du pétiole et de la tige. L'émission de vapeur d'eau se faisant par les mêmes voies que les échanges gazeux respiratoires, c'est-à-dire par la cuticule et les stomates, on pourra avoir une idée approximative de la facilité avec laquelle les gaz pénètrent dans les organes soumis à l'expérience, ou en sortent, par la connaissance de leur transpiration. Dans ce but, j'ai comparé la transpiration du limbe, du pétiole qui le supporte et de la partie correspondante de la tige : il suffit, pour cela, de peser chacun de ces organes avant et après leur séjour, côte à côte, à l'obscurité, pendant le même temps (les sections sont entourées d'une petite boule de cire molle). Si p et p' sont les poids en grammes de chacun des objets avant et après l'expérience, $p-p'$ représenteront la quantité d'eau transpirée par cet objet, quantité qui, rapportée à l'unité de poids, et désignée alors par T , permettra la comparaison entre les divers organes. La durée de chaque expérience a rarement dépassé trente minutes.

Bryonia dioica Jacq. $d=35'$		
2 limbes pris à deux nœuds consécutifs.		
	$p-p'=1,973-1,900=0,073$	$T=0,0369$
2 pétioles.....	$p-p'=0,563-0,559=0,004$	$T=0,0071$
Tige.....	$p-p'=1,892-1,885=0,007$	$T=0,0037$

Viburnum Tinus L. $d=50'$		
2 limbes.....		
	$p-p'=2,264-2,216=0,048$	$T=0,0212$
Tige.....	$p-p'=0,559-0,558=0,001$	$T=0,0017$

Rumex Lunaria L. $d=30'$		
2 limbes coupés à deux nœuds successifs.		
	$p-p'=4,464-4,360=0,104$	$T=0,0232$
2 pétioles.....	$p-p'=0,962-0,955=0,007$	$T=0,0072$
Tige.....	$p-p'=2,115-2,114=0,001$	$T=0,0004$

Nerium Oleander L. $d=30'$		
2 limbes coupés à deux nœuds consécutifs.		
	$p-p'=1,755-1,725=0,030$	$T=0,0170$
Tige.....	$p-p'=1,369-1,368=0,001$	$T=0,0007$

Psoralea bituminosa L. $d=30'$		
3 limbes à l'extrémité d'un même pétiole.		
	$p-p'=2,440-2,310=0,130$	$T=0,0332$
1 pétiole.....	$p-p'=0,937-0,930=0,007$	$T=0,0074$

Lonicera implexa Ait. $d=30'$

2 limbes coupés à deux nœuds successifs.

$$p-p'=1,030-1,001=0,029$$

$$T=0,0281$$

Tige..... $p-p'=0,261-0,260=0,001$

$$T=0,0038$$

Geranium molle L. $d=30'$

2 limbes coupés à l'extrémité de longs pétioles.

$$p-p'=0,600-0,515=0,085$$

$$T=0,4416$$

2 pétioles..... $p-p'=1,412-1,405=0,007$

$$T=0,0062$$

Borrago officinalis L. $d=30'$ 1 limbe..... $p-p'=2,006-1,952=0,054$

$$T=0,0269$$

1 pétiole..... $p-p'=0,824-0,818=0,006$

$$T=0,0072$$

Lavatera olbia L. $d=30'$ 1 limbe..... $p-p'=1,374-1,301=0,073$

$$T=0,0531$$

1 pétiole..... $p-p'=0,370-0,365=0,005$

$$T=0,0013$$

Vicia Faba L. $d=30'$

2 limbes pris à deux nœuds successifs.

$$p-p'=1,101-1,059=0,042$$

$$T=0,0381$$

Tige..... $p-p'=1,320-1,315=0,005$

$$T=0,0037$$

Mercurialis annua L. $d=30'$

2 limbes pris à deux nœuds successifs.

$$p-p'=0,735-0,704=0,031$$

$$T=0,0421$$

2 pétioles..... $p-p'=0,133-0,132=0,003$

$$T=0,0222$$

Tige..... $p-p'=1,044-1,042=0,002$

$$T=0,0019$$

Metrosideros vera Rhump. $d=30'$

2 limbes coupés à deux nœuds consécutifs.

$$p-p'=1,091-1,084=0,007$$

$$T=0,0065$$

Tige..... $p-p'=0,4185-0,418=0,0005$

$$T=0,00119$$

Ruscus hypophyllum L. $d=36'$

2 cladodes prises à deux nœuds consécutifs.

$$p-p'=1,354-1,338=0,016$$

$$T=0,0118$$

Tige..... $p-p'=0,3385-0,338=0,0005$

$$T=0,00147$$

Asparagus albus L. $d=30'$ Nombreuses cladodes..... $p-p'=0,153-0,147=0,006$

$$T=0,0309$$

Tige épineuse..... $p-p'=0,067-0,0662=0,0008$

$$T=0,0119$$

Il est facile de remarquer que la quantité de vapeur d'eau émise à l'obscurité par la tige et par le pétiole est toujours inférieure à celle qu'exhale le limbe. Par exemple, pour le pétiole, les

valeurs de la transpiration, comparées à celles du limbe, varient entre $\frac{2,54}{100}$ et $\frac{52,7}{100}$; et pour la tige, entre $\frac{1,7}{100}$ et $\frac{38,6}{100}$.

Une étude analogue, faite sur des limbes dont la surface est laissée libre et sur des limbes dont la face inférieure est recouverte d'une couche de vaseline, indique, dans ce dernier cas, une diminution de la transpiration.

Bryonia dioica Jacq.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=1,166-1,1405=0,0555$		$T=0,0475$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=1,202-1,189=0,013$		$T=0,0108$
Viburnum Tinus L.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=0,854-0,845=0,009$		$T=0,0105$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=0,835-0,834=0,001$		$T=0,0011$
Rumex Lunaria L.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=1,167-1,125=0,042$		$T=0,0359$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=1,116-1,094=0,022$		$T=0,0197$
Nerium Oleander L.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=1,035-1,012=0,023$		$T=0,0222$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=0,979-0,9755=0,0035$		$T=0,0036$
Vicia Faba L.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=0,8275-0,788=0,0395$		$T=0,0477$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=0,771-0,753=0,018$		$T=0,0233$
Lonicera implexa Ait.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=0,461-0,438=0,023$		$T=0,0498$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=0,4785-0,475=0,0035$		$T=0,0073$
Psoralea bituminosa L.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=0,428-0,404=0,024$		$T=0,056$
1 limbe vaseliné à la face inférieure.....	$p-p'=0,5465-0,5295=0,017$		$T=0,0311$
Lavatera olbia L.			$d=30'$
1 limbe non vaseliné.....	$p-p'=1,0975-1,041=0,0565$		$T=0,0544$

1 *limbe vaseliné à la face*

inférieure $p - p' = 1,008 - 0,972 = 0,036$ $T = 0,0357$

La transpiration des limbes vaselinés n'est qu'une fraction, quelquefois assez faible, de ce qu'elle serait normalement, puisque, relativement à la transpiration des limbes non vaselinés, elle n'atteint que des valeurs comprises entre $\frac{10,47}{100}$

et $\frac{69,45}{100}$.

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

En résumé, on peut tirer de cette étude sur l'influence de l'aération différentes conclusions concernant la technique à suivre et les résultats obtenus. Tout d'abord il ne faut pas se servir, pour boucher les stomates, de substances qui ne sont utilisables qu'après avoir été rendues liquides, et qui activent la respiration, agissant ainsi comme des excitants, je veux parler ici de la gélatine glycérinée et de la végétaline; il vaut mieux employer les corps tels que la vaseline, qui peuvent s'étendre facilement en couche mince à la surface des feuilles.

D'autre part il est nécessaire, avant de placer les organes dans l'atmosphère confinée, de les exposer pendant quelques heures à l'obscurité, après avoir recouvert un certain nombre d'entre eux de l'enduit destiné à obturer les stomates. Le gaz carbonique est retenu, en effet, au début, à l'intérieur des tissus, par suite de la résistance qu'il éprouve à franchir la face des limbes recouverts de vaseline, et le débit normal de son dégagement ne s'établit qu'au bout de quelque temps, lorsque le suc cellulaire en est suffisamment saturé. Cette rétention de l'acide carbonique par les limbes vaselinés est bien mise en évidence par la baisse

de $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$.

En prenant ces précautions, c'est-à-dire en employant la vaseline et en plaçant les feuilles pendant trois heures environ à l'obscurité avant l'expérience, j'ai observé que les limbes dont la face inférieure est enduite d'une couche de vaseline respirent

moins activement que ceux dont la surface est libre, ont un quotient $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ et un rapport $\frac{\text{I}}{\text{N}}$ plus élevés, comme le montre le tableau suivant :

	Limbes non vaselinés.				Limbes vaselinés à la face inférieure.			
	Int. resp. (Oxygène.)	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$	I	$\frac{\text{I}}{\text{N}}$	Int. resp. (Oxygène.)	$\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$	I	$\frac{\text{I}}{\text{N}}$
<i>Pirus communis</i>	0,218	0,93	0,118	0,56	0,140	1,00	0,093	0,65
<i>Nerium Oleander</i>	0,115	0,83	0,075	0,99	0,064	0,94	0,082	1,19
<i>Metrosideros vera</i>	0,063	0,60	0,072	0,96	0,039	0,72	0,070	1,32
<i>Celastrus edulis</i>	0,188	0,87	0,077	0,47	0,144	0,97	0,087	0,62
<i>Viburnum Tinus</i>	0,068	0,79	»	»	0,055	0,88	»	»
<i>Raphiolepis ovata</i>	0,062	0,69	»	»	0,043	0,89	»	»
<i>Psoralea bituminosa</i> ..	0,236	0,76	0,069	0,38	0,211	0,78	0,076	0,46
<i>Cerantonia Siliqua</i>	0,116	0,77	0,114	1,25	0,092	0,78	0,111	1,54

L'obstruction de la totalité ou d'une partie des stomates entraîne donc une diminution de l'intensité respiratoire normale, diminution égale, dans certains cas, à la moitié, dans d'autres cas, au $\frac{1}{3}$, au $\frac{1}{4}$, au $\frac{1}{5}$ et même au $\frac{1}{11}$ de sa valeur normale ; elle augmente sensiblement le quotient respiratoire, reste sans effet sur le dégagement anaérobie de CO^2 et élève le rapport $\frac{\text{I}}{\text{N}}$. Ces

caractères étant précisément ceux qui distinguent le limbe foliaire des autres parties végétatives de la plante, il semble logique d'admettre, au point de vue des échanges gazeux respiratoires, une certaine analogie entre ces derniers organes et les limbes vaselinés ; les uns et les autres offrent, comparativement aux limbes dont la surface est libre, moins de facilité au passage et à la circulation des gaz.

L'étude comparative de la transpiration, à l'obscurité, du limbe, du pétiole et de la tige, montre que le premier de ces organes transpire plus activement que les deux autres. Les quantités de vapeur d'eau, émises par unité de poids frais par le limbe, comparées à celles que dégage le pétiole, sont au moins 2 fois (*Mercurialis annua*), et au plus 39 fois (*Lavatera albia*) plus fortes ; comparées à celles qu'exhale la tige, ces quantités sont au moins 2 fois et demie (cladodes de l'*Asparagus albus*), et au plus 58 fois plus élevées (*Rumex Lunaria*). Ces

chiffres indiquent aussi que le pétiole dégage un peu plus de vapeur d'eau que la tige.

En comparant la transpiration des limbes vaselinés à leur face inférieure avec celle de limbes à surface complètement libre, j'ai observé, dans le premier cas, une diminution de la transpiration ; cette dernière n'est quelquefois que les $\frac{10,47}{100}$

(*Viburnum Tinus*), mais peut atteindre les $\frac{69,45}{100}$ (*Lavatera olbia*) de sa valeur normale. Les limbes vaselinés se rapprochent donc dans une certaine mesure, au point de vue de la transpiration et des échanges gazeux respiratoires, du pétiole et de la tige.

La comparaison des activités respiratoire et transpiratoire de limbes dont la surface est libre et de limbes dont la face inférieure est enduite d'une couche de vaseline permet de formuler sur le mode de passage des gaz, question très discutée comme on l'a vu au début de ce chapitre, et de la vapeur d'eau, la conclusion suivante :

Les échanges gazeux respiratoires se font surtout par la cuticule, la vapeur d'eau emprunte de préférence les stomates.

Ainsi, les quantités d'oxygène absorbé et de vapeur d'eau émise, rapportées à l'unité de poids, par des limbes normaux et des limbes vaselinés, sont respectivement égales, pour la respiration, à 0,115 et 0,064 (*Nerium Oleander*), à 0,068 et 0,055 (*Viburnum Tinus*), à 0,236 et 0,211 (*Psoralea bituminosa*), et pour la transpiration, à 0,0222 et 0,0036 (*Nerium Oleander*), à 0,0105 et 0,0011 (*Viburnum Tinus*), à 0,056 et 0,0311 (*Psoralea bituminosa*).

L'obstruction des stomates réduisant la transpiration dans des proportions plus considérables qu'elle ne diminue la respiration, il semble assez logique de considérer les stomates surtout comme des organes destinés au passage de la vapeur d'eau, et d'attribuer à la cuticule un rôle essentiel dans les échanges gazeux respiratoires.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les résultats obtenus ont été exposés en détail à la fin de chaque chapitre ; j'y ajouterai ici quelques considérations générales.

Les parties vertes des végétaux, chargées essentiellement de la fonction chlorophyllienne, ont des caractères dans leur structure qui les distinguent des autres organes végétatifs de la même plante, au point de vue de la facilité des échanges gazeux. Ces caractères sont : d'une part une surface d'entrée et de sortie des gaz plus considérable, des stomates plus nombreux et des lacunes plus développées ; d'autre part des chloroleucites plus abondants et plus verts. On a vu que, parmi ces caractères, ceux qui favorisent l'aération des tissus contribuent principalement à assurer au limbe sa physiologie respiratoire spéciale, caractérisée, relativement au pétiole, à la tige et à la racine, par une énergie respiratoire plus forte, des quotients $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ et $\frac{\text{I}}{\text{N}}$ moins élevés.

On peut se demander s'il n'existe pas aussi une relation entre le nombre ou la nature des chloroleucites de la feuille et la fonction respiratoire. Dans ce but j'ai fait quelques expériences (1) comparatives sur des feuilles étiolées et sur des feuilles ayant

(1)

Vicia Faba L. (obscurité).

<i>Sommets verts.</i> <i>t = 24°.</i>	{	CO ² gramme heure.....	0,626
		O —	0,689
		CO ²	
		O	0,90
		I gramme heure	0,225
<i>Sommets étiolés.</i>	{	I	
		N	0,35
		CO ² gramme heure	0,488
		O —	0,556
		CO ²	
<i>Sommets étiolés.</i>	{	O	0,87
		I gramme heure	0,214
		I	
		N	0,43
		N	

poussé complètement à l'obscurité, mais exposées pendant un à deux jours à l'action de la lumière. Après avoir coupé les feuilles, étiolées et vertes, je les plaçais pendant quinze heures environ sur une solution de saccharose à 5 p. 100, de façon à rétablir, dans la quantité des substances hydrocarbonées, l'équilibre rompu par l'assimilation chlorophyllienne au profit des feuilles exposées à la lumière. J'ai observé que le verdissement des leucites augmente légèrement l'intensité respiratoire normale, ne change pas sensiblement $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ et I, mais abaisse le rapport $\frac{\text{I}}{\text{N}}$.

J'ai fait les mêmes observations sur les parties vertes et sur les parties blanches d'une espèce à feuilles panachées, le *Ligustrum japonicum*. On voit que, ce qui contribue à donner aux feuilles

Suite de la note (1) de la page 100 :

<i>Zea Mays</i> L. (obscurité).		
Feuilles vertes. $t^{\circ} = 26^{\circ}$.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}^2 \text{ gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,683
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{O} \text{ — } \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,686
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{CO}^2}{\text{O}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,99
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{I gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,171
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{I}}{\text{N}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,25
Feuilles étiolées.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}^2 \text{ gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,541
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{O} \text{ — } \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,557
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{CO}^2}{\text{O}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,97
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{I gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,181
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{I}}{\text{N}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,33
<i>Hordeum vulgare</i> L.		
Feuilles vertes, $= 23^{\circ}$.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}^2 \text{ gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,266
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{O} \text{ — } \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,311
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{CO}^2}{\text{O}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,85
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{I gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,116
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{I}}{\text{N}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,43
Feuilles étiolées.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}^2 \text{ gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,216
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{O} \text{ — } \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,260
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{CO}^2}{\text{O}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,83
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{I gramme heure} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,112
	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{I}}{\text{N}} \dots\dots\dots \end{array} \right.$	0,52

vertes une respiration un peu différente de celle des feuilles étiolées, ce sont surtout la qualité et peut-être le nombre des chloroleucites. Or le limbe foliaire renferme des chloroleucites plus abondants et plus verts que la tige et le pétiole, et il serait peut-être logique de penser que l'influence de ces deux caractères sur la respiration s'ajoute à celle de l'aération.

Est-il possible, en appliquant à la théorie zymasique les résultats que j'ai obtenus sur les échanges gazeux respiratoires particuliers des organes verts, de pénétrer le mécanisme de cette fonction chez les parties végétatives de la plante en général?

Dans cette théorie, on admet que la zymase exerce son action aussi bien en présence qu'en l'absence d'oxygène : une

Suite de la note (1) de la page 100 :

<i>Triticum sativum</i> Lamk. (obscurité).		
Feuilles vertes, <i>t</i> ^o = 25°.	CO ² gramme heure.....	0,402
	O —	0,412
	CO ² O	0,97
	I gramme heure... ..	0,106
	I N	0,26
	CO ² gramme heure.....	0,375
Feuilles étiolées.	O —	0,380
	CO ² O	0,98
	I gramme heure	0,117
	I N	0,31

Ligustrum japonicum Thunbg. Variété à feuilles panachées.

Parties vertes, <i>t</i> ^o = 26°.	CO ² gramme heure.....	0,679
	O —	0,802
	CO ² O	0,84
	I gramme heure.....	0,251
	I N	0,37
	CO ² gramme heure.....	0,534
Parties blanches.	O —	0,671
	CO ² O	0,80
	I gramme heure.....	0,237
	I N	0,44

partie de l'acide carbonique dégagé pendant la respiration à l'air libre tirerait son origine de l'action de cette diastase, l'autre résulterait des oxydations. La valeur plus faible du rapport $\frac{I}{N}$ dans le limbe autorise à penser que, dans cet organe, la respiration intramoléculaire ne joue qu'un rôle secondaire en présence d'une atmosphère riche en oxygène, et qu'au contraire les oxydations contribuent surtout à produire du gaz carbonique. Les valeurs de ce rapport, voisines de l'unité et quelquefois même supérieures à 1 pour le pétiole et la tige, montrent qu'ici presque tout le CO^2 dégagé pendant la respiration normale est dû à l'action de la zymase. Dans ce cas, la combustion respiratoire, très incomplète dans la tige et le pétiole, serait beaucoup plus complète dans le limbe, libérant ainsi de l'énergie que la cellule utilisera pour la formation de différentes substances. Cette dernière hypothèse trouverait son application dans les expériences récentes de Lubimenko, qui ont montré que la production de la substance sèche par la plante verte comprend, outre l'assimilation de l'acide carbonique, l'incorporation des produits de la photosynthèse à la substance vivante du corps même de la plante; elle s'accorderait bien aussi, d'une manière plus générale, avec l'idée que l'on se fait de la feuille, que l'on représente comme le laboratoire de la plante, où s'effectuent principalement toutes les réactions chimiques qui aboutissent à l'entretien de la vie.

La théorie zymasique peut-elle, avec les résultats que j'ai obtenus, expliquer la formation des acides organiques et l'influence (1) de ces substances sur la respiration? L'acidifica-

(1) On a vu, dans l'historique, le rôle important que la théorie biochimique attribue aux acides organiques dans le phénomène respiratoire. On se rappelle qu'elle considère la zymase comme une diastase de la vie anaérobie. Si l'on admet que les acides résultent de l'oxydation incomplète des hydrates de carbone, le limbe, qui absorbe la plus grande quantité d'oxygène et dont le quotient respiratoire est le moins élevé, doit être l'organe qui produit le plus d'acides organiques, puisqu'une partie seulement de l'oxygène absorbé est transformée en CO^2 , l'autre étant employée sans doute à la formation des acides. Cette hypothèse serait confirmée par les résultats obtenus par certains auteurs, d'après lesquels les acides se forment surtout dans les parties vertes des végétaux. Dans cette théorie, les valeurs du quotient respiratoire, plus faibles dans le limbe que dans la tige et le pétiole, indiqueraient que, dans le premier de ces organes, les combustions sont moins complètes que dans les deux autres.

tion dépend, d'après Warburg, de la plus ou moins grande facilité de pénétration de l'oxygène au travers des tissus végétaux ; autrement dit, l'acidification est favorisée par une faible quantité d'oxygène, tandis qu'un excès de ce gaz provoque la désacidification, et diminue par suite l'acidité. Les organes, tels que la tige et le pétiole, où la pénétration de l'oxygène est moins facile que dans le limbe, et où, comme je viens de l'indiquer, les combustions sont sans doute moins complètes, devraient former, relativement à ce dernier, et pour le même volume d'oxygène absorbé, de plus grandes quantités d'acides organiques.

Cette hypothèse semble en contradiction avec les conclusions formulées par certains auteurs sur la répartition des acides dans les végétaux, car on sait que ce sont les tissus verts, et particulièrement les feuilles, qui renferment le plus d'acides. La contradiction n'est qu'apparente, si l'on se rappelle que, dans ces recherches, les physiologistes ont mesuré l'acidité en prenant le poids frais des organes pour base de leurs calculs. En effet, pour le même poids frais, le limbe absorbe beaucoup plus d'oxygène que la tige et le pétiole, et, bien que les combustions y soient un peu plus complètes, de plus grandes quantités de ce gaz peuvent se fixer sur les hydrates de carbone et produire ainsi plus d'acides. Au contraire, pour le même volume d'oxygène absorbé, puisque les combustions sont moins complètes dans la tige et le pétiole que dans le limbe, il doit y avoir chez les deux premiers organes formation de plus grandes quantités d'acides organiques. Le dosage de ces substances, effectué comparativement sur le limbe, le pétiole et la tige, en prenant pour base, non pas l'unité de poids frais de ces organes, mais l'unité de volume de l'oxygène absorbé par chacun d'eux, pourrait fournir des renseignements utiles.

J'ai indiqué précédemment l'influence qu'exerce sur la respiration des végétaux la facilité plus ou moins grande avec laquelle les tissus sont aérés. Il serait peut-être intéressant de rechercher comment ce facteur influe sur la fonction respiratoire de certaines plantes adaptées à des conditions biologiques particulières. Ainsi, on sait déjà que les végétaux charnus, riches en acides organiques et chez lesquels la cuticule ordinairement

très épaisse et les stomates peu nombreux entravent la transpiration, ont une respiration peu active. Il paraît rationnel de penser aussi que les végétaux nettement xérophiles, où la réduction dans le nombre et la surface des feuilles ainsi que le développement de la cuticule diminuent fortement la transpiration, et les plantes aquatiques, où une cuticule très mince et des lacunes bien développées favorisent le passage des gaz, présentent des phénomènes respiratoires en rapport avec ces structures.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- AMM, Untersuchungen über die intramolekulare Atmung der Pflanzen. *Jahrb. für Wiss. Bot.*, Bd XXV, (1893).
- AUBERT, Recherches sur la respiration et l'assimilation des plantes grasses. *Revue gén. de Bot.*, t. IV, (1892).
- ASTRUC, Recherches sur l'acidité végétale. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 8^e série, (1903). *Thèse de Paris.*
- BARTHÉLEMY, Du rôle que joue la cuticule dans la respiration des plantes. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. IX, (1868).
- Id., De la respiration et de la circulation des gaz dans les végétaux. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. XIX, (1874).
- BÉRARD, Mémoire sur la maturation des fruits. *Ann. de Chimie et de Phys.*, t. XVI, (1821).
- CL. BERNARD, Leçons sur les phénomènes de la vie, (1879).
- BERTHELOT, Remarques sur la formation de l'alcool et de l'acide carbonique et sur l'absorption de l'oxygène par les tissus des plantes. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXVIII, (1899).
- BERTHELOT et ANDRÉ, Sur l'existence dans les végétaux de principes dédoublables avec production d'acide carbonique. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXIX, (1894).
- G. BERTRAND, Sur la laccase de l'arbre à laque. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXVIII, (1894).
- Id., Sur la laccase et le pouvoir oxydant de cette diastase. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXX, (1893).
- Id., Sur la recherche et la présence de la laccase dans les végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXI, (1893).
- Id., Sur une nouvelle oxydase ou ferment soluble oxydant d'origine végétale. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXII, (1896).
- Id., Sur la présence simultanée de la laccase et de la tyrosinase dans le suc de quelques champignons. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXIII, (1896).
- Id., Nouvelles recherches sur les ferments oxydants ou oxydases. *Ann. Agron.*, t. XXIII, (1897).
- Id., Recherches sur la laccase, nouveau ferment soluble, à propriétés oxydantes. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 7^e série t. XII, (1897).
- Id., Influence des acides sur l'action de la laccase. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLV, (1907).
- Id., Action de la tyrosinase sur quelques corps voisins de la tyrosine. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLV, (1907).
- BERTRAND et MUTTERMILCH, Sur l'existence d'une tyrosinase dans le son du froment. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIV, (1907).
- Id., Sur le phénomène de coloration du pain bis. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIV, (1907).
- BERTRAND et ROSENBLATT, Tyrosinase et tyrosine racémique. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVI, (1908).
- BIALOSUKNIA, Producte der intramolekularen Atmung bei sistiertem Leben der Fettsamen. *Jahrb. für Wiss. Bot.*, Bd XLV, (1908).
- BLACKMANN, Experimental researches on vegetable assimilation and respiration. *Philosoph. Transact. of the Royal Society of London*, CLXXXVI, (1895).
- BÖHM, Sur la respiration des plantes terrestres. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. XIX, (1874).

- BÖHM, Über die Respiration von Wasserpflanzen. *Aus den Sitzung. der Kais. Akad. der Wiss.*, Bd LXXI, (1875).
- Id., Über die Respiration der Kartoffeln. *Bot. Zeit.*, Bd XLV, (1887).
- Id., Respiration der Kartoffeln. *Bot. Cent.*, Bd L, (1892).
- BONNIER, Sur les quantités de chaleur dégagées et absorbées par les végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. CII, (1886).
- BONNIER et MANGIN, Recherches physiologiques sur les Champignons. *C. R. Ac. Sc.*, t. XCVI, (1883).
- Id., Recherches sur la respiration et la transpiration des Champignons. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6^e série, t. XVII, (1883).
- Id., Recherches sur la respiration des feuilles à l'obscurité. *C. R. Ac. Sc.*, t. XCVIII, (1884).
- Id., Influence de la lumière sur la respiration des tissus sans chlorophylle. *C. R. Ac. Sc.*, t. XCIX, (1884).
- Id., Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6^e série, t. XVIII, (1884).
- Id., Recherches sur la respiration des feuilles à l'obscurité. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6^e série, t. XIX, (1884).
- Id., Sur les variations de la respiration avec le développement. *C. R. Ac. Sc.* t. C, (1885).
- Id., Sur la respiration des végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. C, (1885).
- Id., Recherches sur les variations de la respiration avec le développement. La fonction respiratoire chez les végétaux. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7^e série, t. II, (1885).
- BORODINE, Sur la respiration des plantes pendant leur germination. *Extraits des actes du Congrès Bot. intern. de Florence*, (1875).
- Id., Physiologische Untersuchungen über die Athmung der beblätterten Sprosse. *Arb. der St-Petersb. Ges. der Naturf.*, Bd VII, (1876).
- Id., Untersuchungen über die Pflanzenathmung. *Mémoires de l'Acad. des Sciences de Saint-Petersbourg*, 7^e série, t. XXVIII, (1881).
- Id., Athmung in reinem Sauerstoffgass. *Bot. Zeit.*, Bd XXXIX, (1881).
- Id., Über innere Athmung. *Bot. Zeit.*, Bd XXXIX, (1881).
- BOUSSINGAULT, De la végétation dans l'obscurité. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. I, (1864).
- Id., Étude sur les fonctions des feuilles. *C. R. Ac. Sc.*, t. LX et LXI, (1865).
- Id., Agronomie, t. IV, (1868).
- Id., Étude sur les fonctions des feuilles. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 4^e série, t. XIII, (1868).
- Id., Étude sur les fonctions physiques des feuilles. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 5^e série, t. XIII, (1878).
- BOYSEN-JENSEN, Die Zersetzung des Zuckers während des Respirations-prozesses. *Ber. der deut. Bot. Gesells.*, Bd XXVI, (1908).
- BÜCHNER, Alkoolische Gährung ohne Hefezellen. *Ber. der deut. Chem. Gesells.*, Bd XXX, (1897).
- Id., Über zellenfreie Gährung. *Ber. der deut. Chem. Ges.*, Bd XXX, (1897).
- Id., Zymasegährung, (1903).
- CAHOURS, Recherches sur la respiration des fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LVIII, (1864).
- Id., Recherches sur la respiration des fleurs. *C. R. Ac. Sc.*, t. LVIII, (1864).
- CHAPTAL, Extrait d'un article « Végétation ». *Ann. de Chimie*, t. LXXIV, (1810).
- CHATIN, Sur la respiration des Orobanches. *Bull. Soc. Bot. France*, t. III, (1856).
- CHARABOT et HÉBERT, Recherches sur l'acidité végétale. *C. R. Ac. Sc.*, CXXXVIII, (1904).
- CHODAT et BACH, Sur l'état actuel de nos connaissances sur les ferments oxydants végétaux. *Bioch. Centralb.*, Bd I, (1903).
- Id., Ferments oxydants. *Arch. de Sc. phys. et nat. de Genève*, (1904).

- CHUDIAKOW, Beiträge zur Kenntniss der intramolekularen Athmung. *Landw. Jahrb.*, Bd XXIII, (1894).
- COUVERCHEL, Mémoire sur la maturation des fruits. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 2^e série, t. XLVI, (1830).
- CORENWINDER, Recherches sur l'assimilation du carbone par les feuilles des végétaux. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 3^e série, t. LIV, (1858).
- ID., Recherches chimiques sur la végétation. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. I, (1864).
- ID., Etudes sur les fonctions des racines des végétaux. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. IX, (1868).
- ID., Étude sur les feuilles des arbres, *Lille*, (1874).
- ID., Recherches sur la composition chimique et les fonctions des feuilles des végétaux. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 5^e série, t. XIV, (1878).
- CURTEL, Recherches physiologiques sur la fleur. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 8^e série, t. VI, (1898). *Thèse de Paris*.
- DEHÉRAIN, Nouvelles recherches sur la germination. *Ann. Agron.*, t. I, (1875).
- DEHÉRAIN et LANDRIN, Recherches sur la germination. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. XIX, (1874).
- DEHÉRAIN et MAQUENNE, Recherches sur la respiration des feuilles à l'obscurité. *Ann. Agron.*, t. XII, (1886).
- DEHÉRAIN et MOISSAN, Recherches sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes maintenues dans l'obscurité. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. XIX, (1874).
- DEHÉRAIN et VESQUE, Recherches sur la respiration des Racines. *Ann. Agron.*, t. II, (1866).
- DETMER, Physiologisch-Chemische Untersuchungen über die Keimung ölhaltiger Samen und die Vegetation von Zea Mais. *Leipzig und Cassel*, (1875).
- ID., Vergleichende Physiologie der Keimungsprozesses der Samen. *Jena*, (1880).
- ID., Über Pflanzenathmung. *Sitzung. der Jenaischen Gesells. für Med. und Natur Wissenschaft*, (1881).
- ID., Pflanzenphysiologie, (1883).
- DEVAUX, Du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7^e série, t. IX, (1889). *Thèse de Paris*.
- ID., Porosité du fruit des Cucurbitacées. *Revue gén. de Bot.*, t. III, (1891).
- ID., Sur la respiration des cellules à l'intérieur des tissus massifs. *C. R. Ac. Sc.*, (1891).
- DIAGONOW, Intramolekulare Athmung und Gährthätigkeit der Schimmelpilze. *Ber. der deut. Bot. Gesells.*, Bd IV, (1886).
- ID., Über die sogenannte intramolekulare Athmung der Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Gesells.*, Bd IV, (1886).
- DOROFJEJEW, Beitrag zur Kenntniss der Athmung Verletzter Blätter. *Ber. der deut. Bot. Gesells.*, Bd XX, (1902).
- DUCLAUX, Microbiologie, t. III, (1900).
- DUTROCHET, Mémoires, *Bruxelles*, (1837).
- ID., Sur la respiration du Nelumbium. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 2^e série, t. XVI, (1841).
- ID., Sur la chaleur des êtres vivants à basse température. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3^e série, (1845).
- DE FAUCONPRET, Recherches sur la respiration des végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. LVIII, (1864).
- FLEURY, Recherches chimiques sur la germination. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 4^e série, t. IV, (1865).
- FRÉMY, Sur la maturation des fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LVIII, (1864).
- GARREAU, Recherches sur l'absorption et l'exhalation des surfaces aériennes des plantes. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3^e série, t. XIII, (1850).

- GARREAU, De la respiration chez les plantes. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3^e série, t. XV, (1851).
- Id., Mémoire sur les relations qui existent entre l'oxygène consommé par le spadice d'*Arum italicum* en état de paroxysme et la chaleur qui se produit. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3^e série, t. XVI, (1851).
- Id., Nouvelles recherches sur la respiration des plantes. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3^e série, t. XVI, (1851).
- GAUCHERY, Contribution à l'étude de la respiration des Bactériacées. *Revue gén. de Bot.*, t. XVIII, (1906).
- GAUDICHAUD, Sur la réaction acide des fluides végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. XXVI, (1848).
- GERBER, Recherches sur la maturation des fruits charnus. *Thèse de Paris*, (1897).
- GODLEWSKI, Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenathmung. *Jahrb. für Wiss. Bot.*, Bd XIII, (1882).
- Id., Ein neuer Athmungsapparat. *Bot. Zeit.*, Bd XI, (1882).
- Id., Ein weiterer Beitrag zur Kenntniss der intramolekularen Athmung der Pflanzen. *Abhand. der Ak. der Wiss. in Krakau*, (1904).
- GODLEWSKI et POLZENIUSZ, Über Alkoholbildung bei der intramolekulare Athmung der höherer Pflanzen. *Separat. Abd. aus. den Anz. der Akad. der Wiss. in Krakau*, (1897).
- GRISCHOW, Physikalisch-Chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse, (1819).
- HEINTZ, Athmung der Rübenwurzel. *Bot. Jahresh.*, Bd I, (1873).
- HETTLINGER, Influence des blessures sur la formation des matières protéiques dans les plantes. *Rev. gén. de Bot.*, t. XIII, (1904).
- HIKOROKURO YOSHIDA, Sur la chimie de la laque. *Journ. of the Chem. Society*, (1883).
- HUBER, Mémoire sur l'influence de l'air dans la germination. *Genève*, (1801).
- DE HUMBOLDT, Flora Fribergensis, (1793).
- Id., Aphorismen an der Chem. phys. der Pflanzen, (1794).
- IWANOWSKY, Ueber den Einfluss des Sauerstoffs auf die Alkoholische Gährung. *Bot. Cent.*, Bd LVIII, (1894).
- Id., Untersuchungen über die Alkoholische Gährung, *St-Petersbourg*, (1894).
- INGENHOUSZ, Versuche mit Pflanzen, (1786).
- JENTYS, Das intermoleculare Athmen bei den Pflanzen. *Kosmos*, 8^e année, (1883).
- JODIN, Sur l'action des vapeurs mercurielles sur les plantes. *Ann. Agron.*, t. XII, (1886).
- JOHANNSEN, Ueber den Einfluss hoher Sauerstoffspannung auf die Kohlensäure auscheidung einiger Keimpflanzen. *Unters. des Bot. Inst. zu Tubingen*, Bd I, (1885).
- JUMELLE, Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles. *Rev. gén. de Bot.*, t. I, (1889).
- M^{lle} JUNITZKY, Über Zymase aus *Aspergillus niger*. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXV, (1907).
- Id., Respiration anaérobie des graines en germination. *Rev. gén. de Bot.*, t. XIX, (1907).
- KIMPFLIN, Essai sur l'assimilation photochlorophyllienne du carbone, *Lyon*, (1908).
- KOSINSKI, Die Athmung bei Hungerständen und unter Einwirkung von mechanischen und chemischen Reizmitteln bei *Aspergillus niger*. *Jahrb. für Wiss. Bot.*, Bd XXXVII, (1902).
- KOSTYSCHEW, Der Einfluss des Substrates auf die anaerobe Athmung der Schimmelpilze. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd. XX, (1902).
- Id., Über die Normale und die Anaerobe Athmung bei Abwesenheit von Zucker. *Jahrb. für Wiss. Bot.*, Bd XL, (1904).

- KOSTITSCHEW, Zur Frage über die Wasserstoffausscheidung der Samenpflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIV, (1906).
- Id., Über die Alkoholgährung von *Aspergillus niger*. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXV, (1907).
- Id., Zur Frage der Wasserstoffbildung bei der Athmung der Pilze. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXV, (1907).
- Id., Über anaerobe Athmung ohne Alkoholbildung. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXV, (1907).
- Id., Zweite Mitteilung über anaerobe Athmung ohne Alkoholbildung. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXVI, (1908).
- Id., Über den Zusammenhang der Sauerstoffatmung der Samenpflanzen mit der Alkoholgärung. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXVI, (1908).
- KOWCHOFF, Influence des blessures sur la formation des matières protéiques non digestibles dans les plantes. *Revue gén. de Bot.*, t. XIV, (1902).
- Id., Über den Einfluss von Verwundungen auf Bildung von Nucleoproteiden in den Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXI, (1903).
- M^{lle} KRASNOSSELSKY, Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIII, (1905).
- Id., Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Zwiebeln von *Allium Cepa*. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIV, (1906).
- KRAUS, Die Acidität des Zellsaftes. *Abhandl. der Nat. Gesells. zu Halle*, Bd XVI, (1884).
- LASKOWSKY, Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung der Kürbessamen. *Landw. Versuchst.*, Bd XVII, (1874).
- LECHARTIER, Sur la fermentation et la conservation des fourrages verts en silo. *Ann. Agron.*, t. VII, (1881).
- LECHARTIER et BELLAMY, Etude sur les gaz produits par les fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXIX, (1869).
- Id., De la fermentation des fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXIX, (1869).
- Id., De la fermentation des fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXV, (1872).
- Id., De la fermentation des pommes et des poires. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXIX, (1874).
- Id., De la fermentation des fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXIX, (1874).
- Id., De la fermentation des fruits. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXXI, (1875).
- LIEBIG, Die Organ-Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, (1840).
- LORV, Sur la respiration et la structure des Orobanches et autres plantes vasculaires dépourvues de matières vertes. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3^e série, t. VIII, (1847).
- LUBIMENKO, Production de la substance sèche et de la chlorophylle chez les végétaux supérieurs aux différentes intensités lumineuses. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9^e série, t. VII, (1908).
- MAIGE, Recherches sur la respiration de la fleur. *Revue gén. de Bot.*, t. XIX, (1907).
- M^{me} MAIGE, Recherches sur la respiration de l'étamine et du pistil. *Revue gén. de Bot.*, t. XXI, (1909).
- MAIGE et NICOLAS, Influence de la concentration des solutions de quelques sucres sur la respiration. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVII, (1908).
- MALPIGHI, *Opera omnia*, (1686).
- MANGIN, Sur le rôle des stomates dans l'entrée ou la sortie des gaz. *C. R. Ac. Sc.*, t. CV, (1887).
- Id., Recherches sur la pénétration des gaz dans les plantes. *Ann. de la Science, agronomique française et étrangère*, t. I, (1888).
- Id., Sur la perméabilité de l'épiderme des feuilles pour les gaz. *C. R. Ac. Sc.*, t. CVI, (1888).
- Id., Sur les modifications apportées dans les échanges gazeux normaux par la présence des acides organiques. *C. R. Ac. Sc.*, t. CIX, (1889).

- MAQUENNE, Sur la respiration des feuilles. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXIX, (1894).
 Id., Sur le mécanisme de la respiration végétale. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXIX, (1894).
 Id., La respiration des plantes vertes. *Revue gén. des Sc.*, t. XVI, (1905).
 MARCET, Note relative à l'action des Champignons sur l'air et sur l'eau. *Ann. de Chimie et de Phys.*, t. XL, (1829).
 MAXIMOW, Über den Einfluss der Verletzungen auf die Respirations-quotienten. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXI, (1903).
 Id., Zur Frage über die Athmung. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXII, (1904).
 MAYER, Über den Verlauf der Athmung beim Keimenden Weizen. *Landw. Versuchst.*, Bd XVIII, (1875).
 Id., Kleine Beiträge zur Frage der Sauerstoffausscheidung in den Crassulaceenblättern. *Landw. Versuchst.*, Bd XXX, (1884).
 MAZÉ, Signification physiologique de l'alcool dans le règne végétal. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXVIII, (1899).
 Id., L'humus et l'alimentation carbonée de la cellule végétale. *Revue gén. des Sc.*, t. XVI, (1905).
 Id., La respiration des plantes vertes. *Revue gén. des Sc.*, t. XVII, (1906).
 MERGET, Sur les fonctions des feuilles dans les phénomènes d'échanges gazeux entre les plantes et l'atmosphère. Rôle des stomates. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXXIV, (1877).
 Id., Des fonctions des feuilles dans le phénomène des échanges gazeux entre les plantes et l'atmosphère. Du rôle des stomates dans les fonctions des feuilles. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXXVI, (1878).
 MEYEN, Pflanzenphysiologie, (1838).
 MÖLLER, Ueber Pflanzenathmung. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd II, (1884).
 MOHL, Grundzüge der Anatomie und Physiologie, (1851).
 MOISSAN, Sur les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis dans la respiration végétale. *Ann. Agron.*, t. V, (1879).
 MORKOWINE, Recherches sur l'influence des anesthésiques sur la respiration des plantes. *Revue gén. de Bot.*, t. XI, (1899).
 Id., Recherches sur l'influence des alcaloïdes sur la respiration des plantes. *Revue gén. de Bot.*, t. XIII, (1901).
 Id., Über der Einfluss der Reizwirkungen auf die intramolekulare Athmung der Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXI, (1903).
 MUNTZ, Recherches sur les fonctions des Champignons. *Ann. de Chimie et de Phys.*, 5^e série, t. VIII, (1876).
 Id., Recherches sur la fermentation alcoolique intra-cellulaire des végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXXVI, (1878).
 NABOKICH, Über die intramolekulare Athmung der höheren Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXI, (1903).
 NICOLAS, Sur la respiration des organes végétatifs aériens des plantes vasculaires. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIV, (1907).
 Id., Sur la respiration intramoléculaire des organes végétatifs aériens des plantes vasculaires. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVI, (1908).
 Id., Sur les échanges gazeux respiratoires des organes végétatifs aériens des plantes vasculaires. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVIII, (1909).
 OUDEMANS et RAUWENHOFF, *Linnaea*, t. XIV, (1859).
 PALLADINE, La fermentation des plantes à graines. *Bull. de la Soc. impér. des Naturalistes de Moscou*, (1886).
 Id., Bildung der Organischen Säuren in den wachsenden Pflanzentheilen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd V, (1887).
 Id., Kohlehydrate als Oxydationsproducte der Eiweissstoffe. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd VII, (1889).
 Id., Recherches sur la respiration des feuilles vertes et des feuilles étiolées. *Revue gén. de Bot.*, t. V, (1893).

- PALLADINE, Sur le rôle des hydrates de carbone dans la résistance à l'asphyxie chez les plantes supérieures. *Revue gén. de Bot.*, t. VI, (1894).
- Id., Recherches sur la corrélation entre la respiration des plantes et les substances azotées actives. *Revue gén. de Bot.*, t. VIII, (1896).
- Id., Influence de la lumière sur la formation des matières protéiques actives et sur l'énergie de la respiration des parties vertes des végétaux. *Revue gén. de Bot.*, t. XI, (1899).
- Id., Influence de la nutrition par diverses substances organiques sur la respiration des plantes. *Revue gén. de Bot.*, t. XIII, (1901).
- Id., Über den verschiedenen Ursprung der während der Athmung der Pflanzen ausgeschiedenen Kohlensäure. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIII, (1903).
- Id., Bildung der verschiedenen Athmungsenzyme in Abhängigkeit von dem Entwicklungsstadium der Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIV, (1906).
- Id., Das Blut der Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXVI, (1908).
- Id., Die Verbreitung der Athmungschromogene bei den Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXVI, (1908).
- Id., Über die Bildung der Athmungschromogene in den Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXVI, (1908).
- Id., Über Prochromogene der pflanzlichen Athmungschromogene. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXVII, (1909).
- PALLADINE et KOSTYTSCHEW, Anaerobe Athmung, Alkoholgährung und Acetonbildung bei den Samenpflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIV, (1906).
- Id., Über anaerobe Athmung der Samenpflanzen ohne Alkoholbildung. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXV, (1907).
- PASTEUR, Note sur la production de l'alcool par les fruits. *C. R. Ac. Sc.*, LXXV, (1872).
- Id., Études sur la bière, (1876).
- PFEFFER, Über intramolekulare Athmung. *Unters. aus dem Bot. Inst. zu Tübingen*, Bd I, (1885).
- Id., Beiträge zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge in lebenden Pflanzen. *Abhand. der Kais. Sächs. Ges. der Wiss.*, Bd XV, (1889).
- Id., Über die Steigerung der Athmung nach Verletzungen lebenskräftigen Pflanzen. *Ber. der Math. phys. der Kais. Sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig*, (1896).
- PURJEWICZ, Die Bildung und Zersetzung der organischen Säuren bei den höheren Pflanzen. *Bot. Cent.*, résumé, Bd LVIII, (1894).
- Id., Physiologische Untersuchungen über Pflanzenathmung. *Jahrb. für Wiss. Bot.*, Bd XXXV, (1900).
- REINKE, Ein Beitrag zur Kenntniss leicht oxydirbarer Verbindungen des Pflanzenkörpers. *Zeitsch. für Physiol. Chemie*, Bd VI, (1882).
- Id., Die Autoxydation in der lebenden Zelle. *Bot. Zeit.*, Bd XI, (1883).
- Id., Zur Kenntniss der Oxydationsvorgänge in den Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd V, (1887).
- Id., Einleitung in die theoretische Biologie, (1901).
- RICHARDS, The respiration of wounded plants. *Ann. of Bot.*, Bd X, (1896).
- RISCHAVI, Einige Versuche über die Athmung der Pflanzen. *Landw. Versuchst.*, Bd XIX. *Bot. Jahresb.*, Bd. IV, (1876).
- Id., Zur Frage über die Athmung der Pflanzen. *Bot. Jahresb.*, Bd V, (1877).
- ROLLO, Expériences et observations sur le sucre (Extrait de Rollo par Guyton). *Ann. de Chimie et de Phys.*, t. XXV, (1798).
- SACHS, Physiologie végétale, (1868).
- SAIKIEWICZ, Physiologische Untersuchung über die Athmung der Wurzeln. *Bot. Jahresb.*, Bd V, (1877).
- DE SAUSSURE, Recherches chimiques sur la végétation, (1804).
- Id., De l'influence des fruits verts sur l'air avant leur maturité. *Ann. de Chimie et de Phys.*, t. XIX, (1821).

- DE SAUSSURE, De l'action des fleurs sur l'air et de leur chaleur propre. *Ann. de Chimie et de Phys.*, t. XXI, (1822).
- Id. *Mémoires de la Société physique de Genève*, t. VI, (1833).
- SCHÉELE, Chemische Abhandlung von der Luft. Traduit en allemand par Bergmann, (1777).
- SCHROEDER, Ueber Athmungsenzyme. *Bot. Zeit.*, Bd LXVI, (1908).
- SELMi, Osservazioni sullo sviluppo d'idrogene nascente dalle maffe e dei funghi. *Ac. Sc. Bologna. Bot. Jahresb.*, Bd IV, (1876).
- SENEBIER, *Mémoires physico-chimiques*, t. I, Genève, (1782).
- SMIRNOFF, Influence des blessures sur la respiration normale et intramoléculaire des bulbes. *Revue gén. de Bot.*, t. XV, (1903).
- STICH, Die Athmung der Pflanzen bei vermindeter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. *Flora*, (1891).
- STOKLASA, Ueber die Identität der anaeroben Athmung und alkoholische Gährung der höheren Pflanzen und Thiere. *Osterr. Chem. Zeitung*, (1903).
- Id., Ueber das Enzyme Lactolase welches die Milchesäurbildung in der Pflanzenzelle verursacht. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXII, (1904).
- STOKLASA, JELINEK und VITEK, Der Anaerobe Stoffwechsel der höheren Pflanzen. *Beiträge zur Chem. Physiol. und Path.* (1903).
- STOKLASA, ERNEST und CHOCENSKY, Ueber die Anaerobe Athmung der Samenpflanzen und über die Isolierung der Athmungsenzyme. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIV und XXV, (1906).
- TRAUBE, Theorie der Fermentwirkungen, (1858).
- Id., Ueber die Aktivirung des Sauerstoffes. *Ber. der deut. Chem. Ges.*, Bd XV., (1882).
- TSCHERNIAJEW, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die normale und intramolekulare Athmung der verletzten Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XXIII, (1903).
- VAN TIEGHEM et BONNIER, Recherches sur la vie ralentie et la vie latente. *Bull. Soc. Bot. de France*, t. XXVII, (1880).
- DE VRIES, Ueber den Antheil der Pflanzensäuren an der Turgorkraft wachsender Organe. *Bot. Zeit.*, Bd XLI, (1883).
- Id., Ueber die periodische Säurebildung der Fettpflanzen. *Bot. Zeit.*, Bd XLII, (1884).
- ZALESKI, Ueber die Reizwirkung auf die Athmung der Pflanzen. *Ber. der deut. Bot. Ges.*, Bd XIX, (1901).
- WARBURG, Ueber die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprozess der Pflanzen. *Unt. aus dem. Bot. Inst. zu Tübingen*, Bd II, (1886).
- WIESNER, Experimental Untersuchungen über die Keimung der Samen. *Sitzung. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien.*, (1871).
- WIESNER et MOLISCH, Ueber den Durchgang der Gase durch die Pflanze. *Sitzung. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien.*, (1889).
- WILSON, Ueber Athmung der Pflanzen. *Flora*, (1881).
- WOLKOFF et MAYER, Beiträge zur Lehre über die Athmung der Pflanzen. *Landw. Jahrb.*, Bd IV, (1874).
- Id., Quelques recherches sur la respiration des plantes. *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6^e série, t. I, (1873).

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE. — Histoire de l'Afrique pendant les temps secondaires.

ZOOLOGIE. — La Faune saharienne et ses caractères adaptatifs.

Vu et approuvé : Paris, le 18 juin 1909,

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

P. APPELL.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

